



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia  
Universidade Técnica de Lisboa**



## **VALORIZAÇÃO DOS ÓLEOS ALIMENTARES USADOS PARA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL À ESCALA MUNICIPAL**

***Estudo de Caso – Concelho de Mafra***  
**Análise Energética, Ambiental e Económica da utilização de  
Biodiesel vs. Gasóleo na frota municipal**

**Nuno Manuel Vicente Esteves Soares**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia do Ambiente**

Orientador: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

### **Júri:**

Presidente: - Doutor Francisco Ramos Lopes Gomes da Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: - Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
- Doutor Jorge Manuel Barros d'Almeida Gominho, Técnico Superior do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2010

## Palavras-Chave

Óleos Alimentares Usados (OAU); Valorização; Biodiesel; Município; Frota.

## Resumo

Enquadrado num contexto cada vez mais marcado pela necessidade imperiosa de adopção e desenvolvimento de práticas ambiental e energeticamente sustentáveis, o presente trabalho assenta na abordagem integrada de uma dupla problemática, a necessidade de implementar uma adequada gestão do *fluxo* emergente dos óleos alimentares usados (OAU) que minimize os impactes da sua incorrecta “gestão” e a oportunidade de valorizar este resíduo como matéria-prima no processo de substituição de combustíveis derivados do petróleo por via da produção e utilização do biodiesel, analisado energética, ambiental e economicamente neste caso à escala municipal considerada no *estudo de caso* do concelho de Mafra.

Nesta perspectiva, para além do enquadramento geral e normativo e da correspondente actualização do *Estado-da-Arte* relativamente às duas temáticas em análise, Biodiesel e OAU, abordadas numa primeira fase de modo individual, direccionou-se o presente trabalho numa segunda fase, para uma caracterização e respectiva análise integrada do potencial de produção de OAU real e estimado, por sector de origem ao nível do caso de estudo e subsequentemente para a avaliação da possibilidade efectiva da sua utilização para produção de biodiesel em diferentes graus de mistura, destinado a substituir total ou parcialmente o combustível actualmente utilizado pela frota municipal, o gasóleo, procedendo cumulativamente à análise energética, ambiental e económica dos diferentes cenários de utilização de Biodiesel considerados, B<sub>5</sub>, B<sub>20</sub> e B<sub>100</sub>.

## Keywords

Used Cooking Oils (UCO); Valorization; Biodiesel; Municipality; Fleet.

## Abstract

Framed in a context increasingly marked by the imperative need for the adoption and development of sustainable energy, environmental and economic practices, this work is based on an integrated approach to twin problems, the need to implement a proper management of the flow emerging from UCO to minimize the impacts of their incorrect "management" and the opportunity to upgrade its waste as feedstock in the process of replacing petroleum fuels through the production and use of biodiesel, energy analysis, environmental and economic case to be considered in the municipal case study Mafra municipality.

From this perspective, beyond the general approach and the regulatory framework with the corresponding update of the State of the Art on the two topics under consideration, Biodiesel and UCO, addressed in a first stage in an individual way, this work was directed in a second phase to the characterization and its integrated analysis of potential and actual production of UCO estimated by sector of origin at the case study and subsequently to assess the real possibility of its use for biodiesel production in different degrees of mixing, to replace total or partial fuel currently used by the municipal fleet, diesel, proceeding to the cumulative energy analysis, environmental and economic use of the different scenarios considered Biodiesel, B<sub>5</sub>, B<sub>20</sub> and B<sub>100</sub>.

## Extend Abstract

Motivated not only by the increasing importance of issues related to the inadequate management of UCO in recent years in Portugal and in the rest of the world, but also by the imperative need to implement and develop practices leading to reduced consumption of fossil energy, in parallel with the challenge of promoting greater energy efficiency and the reduction of atmospheric emissions, this study focused essentially on the integrated approach of a dual problem, it is essential to implement an adequate management of the flow emerging from UCO to minimize the impacts of their incorrect "management" and the opportunity to upgrade its waste as feedstock in the process of replacing petroleum fuels through the production and use of biodiesel, energy analysis, environmental and economic case to the municipalities considered, in the case study the municipality of Mafra.

Furthermore, contributing to address the lack of information on the topic and to make it available in a practical, concrete and useful scale under consideration, we tried to do so after due and legal framework of the corresponding general update of the State of the Art for both issues under analysis (Biodiesel and UCO), which was primarily made throughout a comprehensive survey work and research, the characterization of the potential production of UCO by sector of origin and subsequently addressed in an integrated manner its ability to recover through the production and use of biodiesel on the scale into account, proceeding to the intersection of data that allowed us to determine and quantify the real possibility of proceeding to their use as an alternative fuel currently used in the study in the

municipal fleet, diesel. In this way, then directs the present work for the analysis of actual and expected consumption according to type of fuel in use, characterized primarily under the energetic point of view the possible replacement of diesel by different biodiesel blends ( $B_5$ ,  $B_{20}$  and  $B_{100}$ ) and a second plane, by applying a methodology to calculate and quantify the principal atmospheric emissions impact mainly at the local level, whether arising from the current use of diesel, either expectedly issued through their replacement by different biodiesel blends.

In parallel, there was analyzed under the economic point of view, the viability/profitability, in the case study considered, to the eventual replacement of diesel by the different scenarios analyzed biodiesel blends ( $B_5$ ,  $B_{20}$  and  $B_{100}$ ) through the determination and comparison of economic and financial indicators like Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback (or Recovery Period of Investment, PRI).

Subsequently through a SWOT analysis based on the results achieved in each of the thematic analysis (energy, environmental and economic-financial) it was concluded that despite the existence of weaknesses and threats associated with the mainstreaming of the issue of recovery of the UCO for the production and use of biodiesel, are still the strengths and opportunities that may bring that characterize and clearly stand out in the different aspects related to the topic at hand and its implementation/deployment, especially since the collection of raw material that leaves so to be a waste with serious management problems associated to the phase of replacement of diesel by biodiesel, with the numerous environmental benefits, economic and social problems that flow from it.

For the case study, it was concluded that, despite the potential production of UCO in the municipality of Mafra is clearly superior to replacement needs of the entire diesel fleet spent annually by the city, for 100% biodiesel ( $B_{100}$ ), currently only about 22 to 23% are collected, which yet in itself is far more needs to produce the quantities of either  $B_5$  or  $B_{20}$ .

In parallel, it was also possible to assess that despite the replacement of diesel in the fleet analysis imply an increasing consumption proportional to the percentage of UFO incorporated into biodiesel, there is conversely an overall decrease in atmospheric emissions, which just is not the case  $NO_x$ .

Finally, the study demonstrated the feasibility, including at the operational level, the technical gain and environmental aspects brought by the replacement of diesel by any of the three scenarios considered in the biodiesel case study; it was analyzed each of the scenarios under consideration from the economic and financial points of view and it was concluded that among the three, only two are economically profitable,  $B_{20}$  and  $B_{100}$ , and of these, the latter is clearly the most advantageous.

## Índice

Palavras-Chave .....	ii
Resumo .....	ii
Keywords .....	iii
Abstract .....	iii
Extend Abstract .....	iii
Índice .....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de tabelas .....	vii
Lista de Equações .....	vii
Lista de abreviaturas .....	viii
1. Introdução .....	9
1.1. Enquadramento do Tema .....	9
1.2. Objectivos .....	10
1.3. Estrutura da Dissertação .....	10
2. <i>Estado-da-Arte</i> .....	11
2.1. Enquadramento Geral .....	11
2.2. Enquadramento Legal .....	12
2.3. Biocombustíveis .....	14
2.3.1. Situação Actual .....	15
2.3.2. A Nível Nacional .....	16
2.3.3. Futuro dos biocombustíveis .....	16
2.4. Biodiesel – Da produção ao consumo .....	17
2.4.1. Enquadramento Geral .....	17
2.4.2. Vantagens e Desvantagens da utilização do Biodiesel .....	19
2.4.3. Panorama da utilização do Biodiesel em Portugal e na Europa .....	23
2.4.4. Propriedades e Especificações do Biodiesel .....	27
2.4.5. Processo de Produção .....	31
2.4.6. Custos e Unidades de Produção .....	45
2.5. OAU – Resíduo/Matéria-Prima .....	50
2.5.1. Enquadramento Geral .....	50
2.5.2. Obtenção de OAU .....	51
2.5.3. Sectores de Produção .....	52
2.5.4. Potencial de Produção .....	53
2.5.5. Avaliação qualitativa dos óleos alimentares na fritura de alimentos .....	54
2.5.6. Vantagens e limitações como matéria-prima .....	55
2.5.7. Etapas para uma gestão sustentável dos OAU – Recolha, Armazenagem, Valorização e Eliminação da fracção residual .....	57
2.5.8. Aplicações .....	60
2.6. Considerações sobre as principais iniciativas .....	61
3. Caracterização do potencial de produção de Biodiesel a partir de OAU à escala municipal e análise ambiental, energética e económica da sua utilização em frotas urbanas – <i>Estudo de Caso</i> – Concelho de Mafra .....	62
3.1. Breve Caracterização Territorial e Demográfica do <i>Estudo de Caso</i> .....	62
3.2. Avaliação do potencial de produção de OAU e caracterização da <i>Situação de Referência</i> actual ao nível da recolha .....	63
3.2.1. Caracterização do potencial de produção de OAU .....	63
3.2.2. Rede de recolha actual de OAU .....	66
3.2.3. Quantitativos recolhidos .....	68
3.3. Análise Energética, Ambiental e Económica da utilização de Biodiesel vs. Gasóleo na frota municipal .....	68
3.3.1. Caracterização da frota em estudo e determinação Energética do consumo estimado de Biodiesel a partir do dispêndio actual de Gasóleo .....	68

3.3.2. Avaliação ambiental das emissões de poluentes decorrentes da utilização de Biodiesel em detrimento do Gasóleo .....	71
3.3.3. Análise económica da viabilidade/rentabilidade de substituição do Gasóleo por Biodiesel	73
4. Análise SOWT e Conclusões.....	80
5. Considerações Finais.....	84
Referências Bibliográficas.....	85
ANEXOS .....	i
ANEXO I .....	ii
ANEXO II .....	iv

## Índice de figuras

Figura 2.1 - Equação geral da combustão com produtos formados na combustão .....	20
Figura 2.2 – Variação média das emissões de poluentes em função da % de Biodiesel (EPA, 2002)	20
Figura 2.3 - Principais países produtores de biodiesel em 2006 (EBB, 2010) .....	24
Figura 2.4 - Processo produtivo do biodiesel pela reacção de transesterificação na presença de um catalisador .....	33
Figura 2.5 - Decantação dos produtos da reacção de transesterificação, o biodiesel (A) e a glicerina (B) (FELIZARDO, 2003). .....	38
Figura 2.6 - Lavagem do biodiesel antes (A) e depois (B) da decantação (FELIZARDO, 2003). .....	39
Figura 2.7 - Representação do processo de lavagem (FELIZARDO, 2003) .....	39
Figura 2.8 - Molécula de glicerol ( $C_3H_5(OH)_3$ ).....	42
Figura 2.9 - Unidade doméstica de produção de biodiesel.....	46
Figura 2.10 – Exemplo de unidade industrial de produção de biodiesel com 3 reactores (1.200 l/dia)	48
Figura 2.11 – Exemplo de unidade industrial de produção de biodiesel com reactor em contínuo com 3.500 L.....	48
Figura 2.12 - Tanque de mistura de metanol e hidróxido de potássio.....	48
Figura 2.13 - Representação esquemática de um exemplo de uma unidade comum de produção de biodiesel (adaptado de Neto, 2003) .....	49
Figura 2.14 - Composição dos custos variáveis do biodiesel produzido a partir de OAU e de óleos vegetais <i>in natura</i> (Neto, 2003) .....	50
Figura 2.15 - Transformação ocorrida no óleo de fritura.....	55
Figura 2.16 - Percurso esquemático dos óleos alimentares, desde a sua aquisição, processo de tratamento dos resíduos de óleo e as suas possíveis aplicações [adaptado de (OLEOTORRES, 2007)].....	58
Figura 3.1 – Mapa esquemático da situação geográfica do concelho de Mafra (CMM, 2008) .....	62
Figura 3.2 – Distribuição espacial de produtores (não domésticos) de OAU por intervalo médio de produção.....	65
Figura 3.3 - Distribuição espacial de oleões de rua por gradação da densidade populacional.....	67
Figura 3.4 – Representação esquemática do conceito da TIR [adaptado de (ZUNIDO, et al., 2006)]	78
Figura 4.1 – Representação gráfica dos quantitativos de OAU recolhidos versus a sua produção média estimada por sector de origem .....	80

Figura 4.2 - Representação gráfica do aumento estimado de consumo de combustível em função do aumento da mistura do biocombustível.....	81
Figura 4.3 – Representação gráfica dos indicadores de avaliação económica e financeira de referência, VAL, TIR e PRI .....	81

## Índice de tabelas

Tabela 2.1– Síntese da legislação mais relevante aplicável ao biodiesel .....	12
Tabela 2.2 – Síntese legislativa mais relevante aplicável aos biocombustíveis .....	14
Tabela 2.3 – Vantagens técnicas e ambientais do biodiesel .....	19
Tabela 2.4 - Vantagens económicas e sociais do biodiesel .....	21
Tabela 2.5 - Desvantagens técnicas e ambientais do biodiesel (QUERCUS, 2006) .....	22
Tabela 2.6 - Consumo (l/h) de gasóleo e misturas de gasóleo e biodiesel testados num gerador de energia (Paques, et al., 2006) .....	22
Tabela 2.7 – Produção de biodiesel por país da União Europeia em 2008 (EBB, 2010) .....	26
Tabela 2.8 - Principais vantagens e desvantagens consoante o tipo de álcool usado no processo produtivo .....	36
Tabela 2.9 - Características do gasóleo e do biodiesel de óleo alimentar usado (ALMEIDA NETO, et al., 2003).....	41
Tabela 2.10 – Limiares para disponibilização de pontos de recolha de OAU segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro .....	52
Tabela 2.11- Quantidade Estimada de Óleos Alimentares Vegetais consumidos e Óleos .....	54
Tabela 2.12 -Vantagens e limitações da utilização de OAU [DL N.º 62/2006 e (QUERCUS, 2006)]...	55
Tabela 2.13 - Principais tipos de resíduos gordos e a sua disponibilidade e qualidade para uso como combustível (ALMEIDA NETO, et al., 2003) .....	56
Tabela 3.1 – Estimativa de evolução populacional no concelho de Mafra .....	63
Tabela 3.2 – Variação de consumos de Biodiesel versus Gasóleo .....	70
Tabela 3.3 – Emissão mássica anual de poluentes (CO, NO <sub>x</sub> , MP e HC) com base na energia consumida por cada combustível .....	72
Tabela 3.4 – Receitas apuradas em cada cenário considerado .....	74
Tabela 4.1 – Matriz da análise SWOT dos principais pontos a reter sobre a valorização dos OAU para produção e utilização de Biodiesel .....	82
Tabela ANEXO I.1 - Controlo de km e Combustível Consumido pela Frota Municipal no Ano de 2009.ii	

## Lista de Equações

Equação 2.1 - Reacção de esterificação.....	32
Equação 2.2 - Reacção de transesterificação.....	35

## Lista de abreviaturas

AIMGA – Associação dos Industriais de Margarinas e Gorduras Alimentares  
ANCIPA - Associação Nacional de Comerciantes e Industriais de Produtos Alimentares  
AMBAAL - Associação de Municípios do Baixo Alentejo e Alentejo Litoral  
AMDE - Associação de Municípios do Distrito de Évora  
AMES - Agência Municipal de Energia de Sintra  
AMCAL - Associação de Municípios do Alentejo Central  
APA – Agência Portuguesa do Ambiente  
APED – Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição  
APOGOM - Associação Portuguesa de Óleos e Gorduras Vegetais, Margarinas e Derivados  
AREAC- Agência Regional de Energia e Ambiente do Centro  
ARECBA - Agência Regional de Energia do Centro e Baixo Alentejo  
ARESP - Associação de Restauração e Similares de Portugal  
CMS - Câmara Municipal de Sintra  
CMO – Câmara Municipal de Oeiras  
CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão  
DL – Decreto-Lei  
EB+1 – Escola Básica do 1º Ciclo  
EPA - Agência de Protecção Ambiental  
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais  
EU – União Europeia  
FFA – Ácidos gordos livres (AGV) (Free Fatty Acids)  
FIOVDE - Federação das Industrias de Óleos Vegetais, Derivados e Equiparados  
GEE – Gases com efeito de estufa  
HORECA - Hotéis, Restaurantes e *Catering*  
HPEM – Higiene Pública, Empresa Municipal  
INE – Instituto Nacional de Estatística  
ISP - Imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos  
IST - Instituto Superior Técnico  
JFE – Junta de Freguesia da Ericeira  
OAU – Óleo alimentar usado  
OVU – Óleo vegetal usado  
PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas  
PRI - Período de Recuperação do Investimento  
PVOAU - Plano de Valorização de Óleos Alimentares Usados  
SGOAU - Sistema Voluntário de Gestão de Óleos Alimentares Usados  
TIR - Taxa Interna de Rendibilidade  
VAL - Valor Actual Líquido



## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento do Tema

Os transportes têm vindo a adquirir uma importância crescente no modo de vida da sociedade actual, evidenciada pelo grande aumento do volume de tráfego rodoviário, nomeadamente nos grandes centros urbanos, tornando a emissão de poluentes provenientes do tráfego, bem como o consumo energético que lhe está associado, uma das maiores preocupações a nível global. De acordo com o Relatório do Estado do Ambiente em Portugal (APA, 2003), registou-se neste sector um crescimento no consumo de energia de cerca de 90% entre 1990 e 2002. No ano de 2001, o sector dos transportes tornou-se responsável por 42% do consumo total de petróleo ultrapassando o sector da energia (29%) e o da indústria (17%), (PARPP, 2004).

Paralelamente, o aumento progressivo do preço do barril de petróleo e a ameaça das alterações climáticas evidenciam a necessidade de explorar novas alternativas aos combustíveis fósseis.

Para além disso, a introdução de combustíveis alternativos poderá dar um contributo positivo face à problemática da forte dependência externa de Portugal relativamente ao abastecimento energético. A produção e utilização de biocombustíveis nos veículos têm vindo a ganhar especial relevo nos últimos anos sobretudo em países como a França, a Alemanha, os Estados Unidos e o Brasil (PARPP, 2004).

Assim, e, tendo em conta a importância crescente que a problemática associada à inadequada gestão dos óleos alimentares usados tem vindo nos últimos anos a assumir em Portugal tal como um pouco por todo o mundo, as questões em redor da sua valorização sob critérios e princípios sustentáveis assumem cada vez mais um tema incontornável no cenário da gestão actual de resíduos.

Sob essa perspectiva, pretende-se através de um adequado trabalho de pesquisa, conhecer e caracterizar o panorama à escala municipal, no que à sua produção e gestão actual diz respeito, designadamente através da quantificação da sua geração e do seu potencial de valorização como medida mitigadora dos impactes ambientais negativos que representam a sua actual deficiente gestão.

A lacuna da enorme falta de informação relativa a esta matéria, não só ao nível da regulamentação, que começa agora a surgir, mas também ao nível da caracterização dos quantitativos produzidos, recolhidos devida/indevidamente e valorizados ou não, deixa actualmente em aberto a oportunidade de realização de um trabalho que através da análise integrada e transversal das diferentes variáveis associadas à temática em análise, permita aos diversos actores envolvidos adoptar e implementar as melhores práticas e acções conducentes a uma correcta e adequada gestão deste Fluxo Emergente.

## 1.2. Objectivos

Numa altura em que a produção de biodiesel começa a ganhar algum relevo em Portugal, torna-se necessário avaliar a sua sustentabilidade em termos ambientais, energéticos e económicos. A redução do consumo de energia fóssil associada a uma maior eficiência energética e a diminuição das emissões de GEE são os dois principais desafios para a mobilidade rodoviária no que respeita não só ao cumprimento do Protocolo de Quioto, como às orientações da UE em relação à utilização de uma maior percentagem de energias renováveis no sistema energético.

A necessidade de colmatar a falta de informação relativa à temática em apreço e disponibilizá-la de uma forma prática, concreta e útil à escala considerada, assume-se também como um dos objectivos subjacente a toda a Dissertação.

Para além disso, ainda mais especificamente, este trabalho teve o objectivo de, relativamente à escala considerada (a municipal), caracterizar primeiramente o potencial de produção de OAU por sector de origem e subsequentemente abordar de uma forma integrada a possibilidade de valorização dos OAU recolhidos, através da produção e respectiva utilização de biodiesel à escala em consideração, procedendo ao cruzamento de dados que permitam determinar e quantificar qual a possibilidade real de proceder à sua utilização (e em que moldes) em alternativa ao combustível actualmente utilizado na frota municipal em consideração, o gasóleo.

Concomitantemente, pretende-se ainda subsequentemente centrar o presente trabalho em primeira análise sobre os consumos reais e expectáveis consoante o tipo de combustível em utilização, visando assim caracterizar energeticamente a eventual substituição do gasóleo por diferentes misturas de biodiesel e num segundo plano, aplicar uma metodologia de cálculo que permita quantificar as principais emissões atmosféricas com impacte sobretudo à escala em análise, quer resultantes da actual utilização do gasóleo, quer expectavelmente emitidas por via da sua substituição por diferentes misturas de biodiesel.

Paralelamente, pretende-se ainda sob o ponto de vista económico, e, por recurso à determinação e comparação de indicadores como o Valor Actual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) e o *Payback* (ou Período de Recuperação do Investimento, PRI), analisar à escala em consideração e em concreto ao caso de estudo a viabilidade/rentabilidade da eventual substituição do gasóleo pelos diferentes cenários de misturas de biodiesel considerados ( $B_5$ ,  $B_{20}$  e  $B_{100}$ ).

Perspectiva-se assim com o presente trabalho, implementar e desenvolver uma abordagem prática ao nível municipal, que porventura, possa ser transposta e extrapolada para a grande maioria dos municípios deste país, visando dessa forma contribuir com uma ferramenta impulsionadora de uma gestão racional e sustentável de um resíduo que é ou pode ser, se quisermos, simultaneamente uma matéria-prima, o OAU.

## 1.3. Estrutura da Dissertação

A estrutura da presente tese de dissertação, assenta assim fundamentalmente em 5 principais capítulos:

- Um primeiro introdutório, que enquadra e define os objectivos associados ao tema;

- Os Fundamentos teóricos (Estado-da-Arte) onde, para além do enquadramento geral e legal da temática em análise, é dado através de uma exaustiva e abrangente revisão bibliográfica, o devido enfoque às principais especificidades associadas aos biocombustíveis em geral e ao biodiesel e aos OAU em particular;
- O *Estudo de Caso*, onde, para além da caracterização do caso em análise se procede em primeiro plano à avaliação do seu potencial de produção de OAU e subsequentemente à análise energética, ambiental e económica da eventual substituição do gasóleo consumido pela frota em estudo por um dos 3 cenários de produção de biodiesel considerados;
- E os 2 últimos capítulos que, como corolário dos anteriores, para além de uma análise SWOT que espelha a visão geral dos principais pontos fortes e fracos, e, das oportunidades e ameaças a reter na análise integrada dos vários aspectos a ter em conta na abordagem global do tema, elenca e conclui ainda sobre as fundamentais relações obtidas ao nível da análise aplicada ao caso de estudo e que constitui em si, um dos grandes objectivos do presente trabalho.

## 2. Estado-da-Arte

### 2.1. Enquadramento Geral

A temática dos óleos alimentares usados, tem vindo nos últimos anos a ser fortemente debatida, em virtude dos impactes ambientais negativos associados à descarga incorrecta e incontrolada para o meio receptor natural.

Na realidade são as práticas inadequadas a jusante da produção que provocam diversos problemas ao nível ambiental, nomeadamente quando lançados no meio ambiente, através das redes de esgotos ou directamente no solo e/ou meio hídrico.

A presença de OAU e outras gorduras podem provocar diversos problemas de maus cheiros e impactes negativos ao nível da fauna e flora envolventes, estando normalmente as descargas nas redes públicas associadas a problemas de entupimentos vários, obstrução de canalizações e sistemas de drenagem de edifícios e a corrosão das tubagens das redes públicas de esgoto e colectores municipais bem como aos problemas causados ao nível do desempenho e funcionamento das ETAR, que passam a ter que tratar efluentes com maiores concentrações em CBO, CQO, SST e óleos e gorduras o que implica um maior número de intervenções quer de manutenção, quer de limpeza.

A importância de definir uma estratégia de valorização nacional nesta matéria levou à assinatura, em 2005, pela Autoridade Nacional dos Resíduos (ANR) e pelas Associações de Empresas dos diversos sectores de actividade envolvidos no ciclo de vida deste fluxo de resíduos, um Acordo relativo à Gestão de Óleos Alimentares Usados, a gestão do Sistema Voluntário de Gestão de Óleos Alimentares Usados (SGOAU) tem vindo a ser assegurada por uma Estrutura de Gestão que inclui representantes dos produtores de óleos, dos sectores de distribuição e HORECA, e dos responsáveis pela sua recolha e valorização.

A implementação do sistema de gestão teve vários aspectos positivos, nomeadamente a identificação de constrangimentos específicos do sector, no entanto um dos objectivos principais do acordo relativo à declaração de dados quantitativos constituiu um dos principais pontos críticos do sistema de gestão, reflectindo, no ponto de vista da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o carácter “voluntário” em que o mesmo assenta.

Tendo em conta a evolução que se tem vindo a verificar no sector dos resíduos e sobretudo no que diz respeito à implementação de políticas no sentido de estimular a prossecução de energias alternativas, nomeadamente de biodiesel, foi promovido um estudo técnico económico do ciclo de vida dos óleos alimentares tendo como principal objectivo a sustentação da viabilidade de um **Sistema de Gestão** de carácter vinculativo, que permitiu, com base nas suas conclusões preparar uma legislação específica com vista à regulação do fluxo de óleos alimentares usados e responsabilização dos intervenientes no respectivo ciclo de vida (APA, 2010).

## 2.2. Enquadramento Legal

Procurando dar resposta através de mecanismos legais à problemática em apreço, várias disposições têm surgido ao longo dos últimos anos com vista a regulamentar as temáticas relacionadas com o *binómio* OAU vs Biodiesel.

As diferentes referências legislativas nesta esfera, têm-se debruçado não só sobre as questões directas relacionadas com as proibições associadas à incorrecta deposição dos OAU ou mais recentemente sobre a forma de implementar a sua recolha, como também sobre questões mais globais e transversais que visam muitas vezes contribuir para alcançar as metas e objectivos impostos pela UE quer ao nível da redução das emissões de gases com efeito de estufa quer ao nível da dependência do consumo de combustíveis fósseis.

De uma forma sucinta e objectiva, apresenta-se neste subcapítulo a súmula do enquadramento legal aplicável quer aos OAU, quer ao Biodiesel.

Tabela 2.1– Síntese da legislação mais relevante aplicável ao biodiesel

LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA APLICÁVEL AOS OAU E AO BIODIESEL	
➤ Decreto – Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro	➤ Aprova o regime geral da gestão de resíduos
➤ Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio	➤ Define o transporte dentro do território Nacional;
➤ Portaria n.º 1023/2006, de 20 de Setembro	➤ Define os elementos a apresentar pelo requerente no âmbito do processo de licenciamento de gestão de resíduos;
➤ Decreto – Lei n.º 267/2009, de 29 de Setembro	➤ Estabelece o regime jurídico da gestão de óleos alimentares usados, produzidos pelos sectores industriais, da hotelaria e restauração (HORECA) e doméstico, excluindo-se do âmbito da aplicação deste DL os resíduos da utilização das gorduras alimentares animais e vegetais, das margarinas e dos cremes para barrar e do azeite

Sucintamente, ao nível das proibições, o DL n.º 267/2009, de 29 de Setembro, prevê (no seu artigo 6.º) as seguintes proibições:

- a) A introdução de OAU ou de substâncias recuperadas de OAU na cadeia alimentar;
- b) A descarga de OAU nos sistemas de drenagem, individuais ou colectivos, de águas residuais;
- c) A deposição em aterro de OAU, nos termos do regime jurídico da deposição de resíduos em aterro;
- d) A mistura de OAU com substâncias ou resíduos perigosos;
- e) A realização de operações de gestão de OAU por entidades não licenciadas nos termos do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro;
- f) A utilização, como combustível em veículos, de OAU que não cumpram os requisitos técnicos aplicáveis aos biocombustíveis previstos no Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março.

Para além das proibições previstas, o referido DL prevê ainda:

- Ao nível do sector doméstico que os municípios são responsáveis pela recolha dos OAU, no caso de se tratar de resíduos urbanos cuja produção diária não exceda 1100 l por produtor. Para o efeito, os municípios ou as entidades às quais estes tenham transmitido a responsabilidade pela gestão dos OAU promovem e gerem redes de recolha selectiva municipal de OAU;
- Ao nível do sector HORECA que os municípios são responsáveis pela recolha dos OAU, no caso de se tratar de resíduos urbanos cuja produção diária não exceda 1100 l por produtor. Sem prejuízo do referido, a rede de recolha selectiva municipal de OAU pode receber OAU provenientes de produtores cuja produção diária de resíduos urbanos exceda 1100 l, mediante a celebração de acordos voluntários para o efeito, entre o produtor e o município ou a entidade à qual este tenha transmitido a responsabilidade pela gestão do OAU, sendo que o seu encaminhamento para um operador de gestão devidamente licenciado é feito sem custos para o produtor ou detentor;

Como se percebe pela referenciação de alguns dos pontos de destaque do regulamento em apreço, os municípios assumem agora um papel preponderante na gestão dos OAU, sendo responsáveis pela sua recolha no caso de se tratar de resíduos urbanos cuja produção diária não exceda 1100 l por produtor, devendo para isso, os municípios ou as entidades às quais estes tenham transmitido a responsabilidade pela respectiva gestão promoverem e gerirem as redes de recolha selectiva municipal de OAU.

Para além disso, essa rede de recolha selectiva municipal pode cumulativamente receber OAU provenientes de produtores cuja produção diária de resíduos urbanos exceda 1100L, mediante a celebração de acordos voluntários para o efeito, entre o produtor e o município ou a entidade à qual este tenha transmitido a responsabilidade pela gestão do OAU, sendo os municípios os responsáveis pelo transporte e posterior valorização, extinguindo-se a mesma pela transmissão dos resíduos a operador de gestão de resíduos licenciado.

Tabela 2.2 – Síntese legislativa mais relevante aplicável aos biocombustíveis

LEGISLAÇÃO GERAL APLICÁVEL AOS BIOCOMBUSTÍVEIS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Maio de 2003</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estabelece os mecanismos necessários para promover a colocação no mercado de quotas mínimas indicativas de biocombustíveis e de outros combustíveis renováveis, em substituição dos combustíveis fósseis;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decreto-Lei n.º 66/2006, de 22 de Março, que altera o Código dos Impostos Especiais de Consumo, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 566/99, de 22 de Dezembro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consagra a isenção parcial e total do Imposto sobre os Produtos Petrolíferos e Energéticos (ISP) aos biocombustíveis, quando incorporados na gasolina e no gasóleo, utilizados nos transportes;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Portaria n.º 13/2009, de 2 de Janeiro, que regulamenta o n.º 4 do artigo 71.º - A, aditado ao Código dos Impostos Especiais de Consumo (CIEC) pelo Decreto-Lei n.º 66/2006, de 22 de Março</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fixa o valor da isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos para os biocombustíveis, e que regula o processo de reconhecimento da isenção para operadores económicos de maior dimensão e pequenos produtores dedicados;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Portaria n.º 1554-A/2007, de 17 de Dezembro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fixa as regras para atribuição de quotas de isenção do imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos (ISP);</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decreto-Lei n.º 89/2008, de 30 de Maio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estabelece as normas referentes às especificações técnicas aplicáveis ao propano, butano, GPL auto, gasolinas, petróleos, gasóleos rodoviários, gasóleo colorido e marcado, gasóleo de aquecimento e <i>fuelóleos</i>, definindo as regras para o controlo de qualidade dos carburantes rodoviários e as condições para a comercialização de misturas de biocombustíveis com gasolina e gasóleo em percentagens superiores a 5 %. Este diploma procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Portaria n.º 134/2009, de 2 de Fevereiro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fixa o valor da isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP);</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decreto-Lei n.º 206/2008, de 23 de Outubro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alarga o âmbito da categoria de pequenos produtores dedicados aos municípios através de alteração ao Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março.</li> </ul>

### 2.3. Biocombustíveis

A crescente preocupação sobre o aumento dos preços dos combustíveis fósseis para transporte, assim como sobre a segurança energética, está a fazer com que muitos países encarem os

biocombustíveis como um elemento chave para a estratégia nacional de energia. Embora de forma menos eficiente do que quando utilizados para aquecimento, para produção de electricidade ou no fabrico de produtos derivados da floresta, os biocombustíveis podem, ainda assim, ser uma escolha da sociedade. De qualquer modo, os biocombustíveis são actualmente uma alternativa que está a ser activamente promovida em muitas partes do mundo (BCSD Portugal, 2007).

Como reflexo da maior mobilidade de pessoas e de bens, o peso do sector dos transportes tem sofrido um aumento acentuado, representando, em 1999, aproximadamente 25% do consumo final de energia, a nível mundial. Em Portugal, a dependência energética do sector transportador relativamente ao petróleo é acentuada, sendo responsável por 42% do consumo da totalidade do petróleo importado.

### 2.3.1. Situação Actual

Os biocombustíveis são apontados como uma das soluções para o curto prazo em termos de redução das emissões de GEE nos transportes. No entanto tanto a sua produção, como comercialização continuam envoltas em debate. A utilização de terras agrícolas para produções energéticas levanta inúmeras preocupações, das quais se destacam as de ordem humana relativamente à falta de alimentos ou subida dos preços face ao crescente interesse pelos biocombustíveis e as de ordem ambiental, já que a utilização intensiva dos solos além de promover a libertação de GEE em maior escala que um terreno em pousio, pode implicar um elevado uso de pesticidas e outros químicos onde foram gastas elevadas quantidades de combustíveis fósseis para a sua produção (PER, 2008).

A União Europeia não está desatenta e procura uma estratégia para o uso sustentável da biomassa e dos biocombustíveis, em particular, em conjunto com a agricultura tradicional. Essa estratégia assenta na utilização dos recursos locais e de importações suportada por alterações na legislação da qualidade dos combustíveis com vista a aumentar a percentagem de biocombustíveis passível de ser incorporada nos combustíveis fósseis. Os vários cenários traçados pela Agência Europeia do Ambiente (EEA) apontam para o uso de terra arável no conjunto dos 25 países da EU (à data Roménia e Bulgária ainda não tinham entrado) entre os 7 e os 13% para as culturas menos intensivas em termos de uso do solo – adequadas para a produção de bioetanol – e entre 11 e 25% para as culturas mais intensivas em termos de uso do solo – adequadas para a produção de biodiesel. Como a União Europeia possui uma grande frota de veículos a diesel a opção do bioetanol tem de ser potenciada favorecendo o uso de motores movidos a etanol.

Em termos de políticas para a promoção do uso de biocombustíveis a União Europeia propõe duas: a isenção fiscal dos biocombustíveis (polémico porque os biocombustíveis de origem europeia não são competitivos com os importados caso haja isenção total de impostos) e a obrigatoriedade das empresas de combustíveis convencionais terem de incorporar nos seus combustíveis um certo teor de biocombustíveis. Esta medida só será possível mediante a alteração da Directiva sobre a Qualidade dos Combustíveis. A União Europeia definiu a meta de 5,75% de biocombustíveis para 2010 e 20% para 2020 (PER, 2008).



### 2.3.2. A Nível Nacional

O mercado português é à semelhança do Europeu caracterizado por um elevado número de veículos a gasóleo (29% do consumo é em gasolina e 62% de gasóleo), ficando assim limitado o uso de bioetanol e havendo uma procura muito maior de biodiesel.

A nível nacional a meta de 5,75% foi aumentada para 10% e será possível a comercialização de combustíveis com uma incorporação até 20% de biocombustíveis. Portugal que até agora não tem atingido nenhuma das metas intermédias da UE para o objectivo de 2010 comprometeu-se quase a duplicar o objectivo da UE. Nesse horizonte a EEA indica como estimativa para o uso intensivo do terreno arável em 2010, para Portugal, 50%, o que resulta em 250000 ha disponíveis para culturas bioenergéticas, mas a decrescer para 2020 e 2030. Em termos de potencial energético a EEA aponta para 0,7 Mtep de base agrícola, 0,2 Mtep à base de resíduos florestais e 2,7 Mtep à base de resíduos (PER, 2008).

Actualmente as grandes produtoras de biocombustíveis – biodiesel – são a Iberol e a Torrejana, detida pela Tracopol (base soja e colza). Estas duas empresas têm uma capacidade instalada de 200 mil Mg que é detida na totalidade pela Galp, o que permitiu atingir os 3% de penetração. Novos projectos da Martifer, Enersis e Galp vão permitir atingir o valor de cerca de 700 mil Mg em 2010. No entanto em termos de área agrícola necessária a GALP aponta para 700000 e 1000000 de ha, o que não existe em Portugal a não ser que terrenos destinados à produção alimentar mudem para produção energética. Atendendo aos 250000 ha apontados pela EEA a importação de biocombustíveis é inevitável (PER, 2008).

### 2.3.3. Futuro dos biocombustíveis

A “primeira geração” de biocombustíveis diz respeito aos combustíveis derivados de matérias-primas, pela sua constituição em açúcar, amido e óleo, podendo estes ser convertidos, utilizando tecnologias de hidrólise/fermentação e de prensagem/esterificação.

Nos países da OCDE, a maior parte do etanol é produzido a partir de culturas amiláceas, como o milho, trigo e cevada. Nos países tropicais como o Brasil, o etanol é essencialmente produzido através da cana-de-açúcar.

A “segunda geração” de biocombustíveis refere-se aos produzidos através de biomassa lenho-celulósica de plantas herbáceas e perenes, através de tecnologias de hidrólise/fermentação, gaseificação ou pirólise. Não existe produção industrial de biocombustíveis a partir deste tipo de biomassa, mas está a ser desenvolvida uma investigação que foca a produção em larga escala em particular nos Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Suécia, China e Brasil.

O sucesso da tecnologia da celulose vai permitir tecnicamente a utilização de uma grande quantidade de matérias-primas, bem como de resíduos agrícolas ou urbanos e plantações específicas de celulose, tal como relvados e árvores de rápido crescimento (BCSD Portugal, 2007).

As matérias-primas de celulose podem crescer com menos fertilizante e água e em solos de baixa qualidade comparativamente àquelas que são actualmente utilizadas para as culturas de produção de etanol convencionais. Além disso, os custos das culturas de celulose podem ser consideravelmente



mais baixos, quando comparados com as culturas de cereais e sementes actualmente utilizadas na Europa e nos Estados Unidos.

As políticas agressivas no sector energético e os rendimentos antecipados dos mercados de carbono estão a levar ao investimento em biocombustíveis. O conhecimento adquirido pela prática vai levar ao decréscimo dos custos de produção. Durante as próximas décadas, é esperado que o etanol contribua em grande parte para o aumento da utilização de biocombustível a nível mundial, tal como é também previsto que os custos de produção baixem mais rapidamente do que os do biodiesel e de outros biocombustíveis.

De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), está previsto um aumento considerável na procura de combustíveis no sector dos transportes rodoviários durante as próximas décadas, especialmente nas regiões em desenvolvimento. Está previsto que os biocombustíveis contribuam para o crescimento da taxa de utilização de recursos para ir de encontro a esta procura. Para suportar os 7% de aumento da procura de combustíveis para transportes de estrada, é esperado que a produção aumente a uma taxa de 8,3% ao ano, alcançando 73 milhões de Mg em 2015 e 147 milhões em 2030 (BCSD Portugal, 2007).

Anteriormente, acreditava-se que as tecnologias de segunda geração de biocombustíveis não estariam disponíveis no mercado até 2030, contudo, os apoios governamentais podem alterar esta situação. Vão ser necessários avanços no desenvolvimento destas tecnologias antes que estas possam ser comercialmente utilizadas em larga escala. É possível que este progresso possa ocorrer num futuro mais próximo, conduzindo a um desenvolvimento mais rápido de produção de biocombustíveis do que era esperado anteriormente.

A pressão mundial da procura de combustível líquido vai ser exercida nos sistemas dominantes e as vidas dos agricultores pobres das zonas rurais vão ser difíceis de gerir, mas desenvolvendo um sistema que represente diferentes partes interessadas, esta pressão pode ser aliviada. Vários grupos, como o Roundtable on Sustainable Biofuels, estão a explorar sistemas de certificação robustos que podem distinguir as variantes da sustentabilidade ambiental e social, esperando-se que permita aos utilizadores finais escolherem os combustíveis que respeitam os critérios de sustentabilidade (BCSD Portugal, 2007).

## **2.4. Biodiesel – Da produção ao consumo**

### **2.4.1. Enquadramento Geral**

O conceito de biodiesel pode parecer simples, mas esta aparência é relativamente enganosa dado que o seu uso tem apresentado inúmeras questões de ordem técnica. Neste sentido, pesquisadores de todo o mundo têm demonstrado uma preocupação com estas questões e, em muitos casos, desenvolvido soluções inovadoras. Neste capítulo, procurou-se elencar e resumir as principais questões, explicar como devem ser encaradas, e apresentar resultados e informações técnicas relevantes.

O biodiesel é definido, de acordo com a Directiva 2003/30/CE de 8 de Maio, como éster metílico ou etílico (derivado de alquilésteres de ácidos gordos), obtido a partir de matérias-primas naturais e de

fontes renováveis, como óleos vegetais (óleo de palma, soja, amendoim, sementes de girassol, colza, pinhão, canola, algodão, entre outros), gorduras animais (sebo de gordura animal, óleos de peixe, banha de porco, entre outros) ou residuais (OAU). A sua utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (motores a diesel), para utilização como biocombustível, sem necessidade de modificação. O biodiesel é uma evolução, na tentativa de substituição do óleo diesel, iniciada pelo aproveitamento de óleos vegetais *in natura* ou residuais. Deste modo, o biodiesel é um combustível alternativo que assume um lugar importante no desenvolvimento de uma política energética equilibrada, uma vez que o seu uso está associado a mercados que requerem um combustível que proporcione uma queima limpa, garanta a longevidade dos motores de combustão e se demonstre, simultaneamente, económico em termos energéticos (Silva, 2003). Proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia, bem como utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento económico dos resíduos disponíveis e das tecnologias aplicáveis, são objectivos para melhorar o meio ambiente, a saúde e, consequentemente, a qualidade de vida das pessoas.

O biodiesel é perfeitamente miscível e semelhante ao diesel de origem fóssil, podendo ser usado em motores do ciclo diesel sem a necessidade de significantes ou onerosas adaptações. Por ser biodegradável, o que significa que pode ser decomposto como resultado de agentes naturais como as bactérias, e praticamente livre de enxofre e aromáticos, é considerado um combustível ecológico. De acordo com a EPA (Agência de Protecção Ambiental), o biodiesel degrada-se a uma taxa quatro vezes superior ao diesel convencional. Além do exposto anteriormente, também é considerado um produto energético e de alto rendimento. Este biocombustível é considerado não tóxico, uma vez que é essencialmente originário de plantas e animais, ou de OAU, pelo que as suas fontes podem ser renovadas por meio da agricultura e/ou da reciclagem.

O biocombustível em estudo pode ser usado puro ou misturado com o gasóleo em diferentes proporções, sem que isso cause qualquer tipo de prejuízo ou perda de desempenho ao motor.

De modo a identificar a proporção da mistura de biodiesel ao diesel de petróleo, convencionou-se, a nível mundial, que a concentração de biodiesel é informada através de uma nomenclatura específica, definida como  $B_x$ , onde  $x$  corresponde à percentagem em volume do biodiesel. Deste modo e como exemplo, cita-se o termo  $B_{20}$  (do inglês Blend 20%), a mistura mais comum, que significa que uma mistura é constituída por 20% (v/v) de biodiesel e 80% (v/v) de diesel convencional. Assim,  $B_{100}$  refere-se ao biodiesel puro. As misturas mais comuns no mercado mundial variam entre  $B_2$  e  $B_{20}$  (Silva, 2003) e (FELIZARDO, 2003).

O biodiesel pode ser obtido através da reacção de transesterificação de qualquer triglicerídeo (elementos predominantes na composição de óleos e gorduras vegetais e animais) com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol). Da reacção obtém-se além do biodiesel, glicerina (de grande aproveitamento na indústria química), considerada como subproduto, uma vez que não é o pretendido na reacção. A reacção de transesterificação pode ser catalisada com recurso a um ácido, base ou enzimas, dependendo da metodologia adoptada.

No presente capítulo é efectuada uma caracterização do biodiesel enquanto combustível alternativo aos combustíveis fósseis, bem como uma descrição de todos os elementos inerentes a este

biocombustível, tais como, matérias-primas, processo produtivo, equipamentos para a produção de biodiesel, situação actual na Europa e em Portugal, entre outros elementos.

#### 2.4.2. Vantagens e Desvantagens da utilização do Biodiesel

A utilização de combustíveis fósseis influencia negativamente a qualidade e o equilíbrio do meio ambiente. As altas emissões de monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) são apontadas como as principais causas das chuvas ácidas, extremamente prejudiciais à fauna e à flora terrestre.

Além disso, esses combustíveis fósseis possuem uma taxa de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) muito alta, factor directamente relacionado com o problema do efeito de estufa e as suas consequências (aumento da temperatura global, derretimento dos glaciares, desequilíbrio ecológico, entre outros).

A utilização de combustíveis renováveis ou biocombustíveis, como o biodiesel, ou de misturas deste com o diesel fóssil apresenta, de acordo com diversos estudos efectuados, inúmeras vantagens, nomeadamente ambientais, técnicas e energéticas (Tabela 2.3).

O uso de biodiesel além de resolver os problemas provocados pela descarga de óleos usados nas ETAR, como o entupimento de condutas, fornece também um combustível alternativo ao gasóleo, reduzindo a dependência externa do país em combustíveis fósseis. Uma vez que o biodiesel é uma energia renovável, o estudo dos impactes ambientais causados por este, devem contemplar, para além da combustão, o processo de produção (FELIZARDO, 2003).

Tabela 2.3 – Vantagens técnicas e ambientais do biodiesel

Técnicas	Ambientais
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pode ser utilizado directamente em motores diesel, sem necessidade de adaptação do motor;             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Combustível miscível com o gasóleo, podendo ser utilizado em várias proporções dependendo do tipo de motor;</li> </ul> </li> <li>➤ Não se registam diferenças significativas no desempenho dos motores aquando da substituição do gasóleo pelo biodiesel (ou em qualquer % de mistura) em termos de poder de ignição, consumo de combustível e performance atingida pelo motor;             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maior teor médio de oxigénio (11%);</li> <li>➤ Elevado ponto de fulgor;</li> </ul> </li> <li>➤ Elevado número de cetanos (&gt; 50), assim, a combustão é mais completa diminuindo as emissões de gases nocivos à saúde (melhoria no desempenho da ignição);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Características físicas, redução nas emissões atmosféricas, de gases nocivos e com efeito estufa, nomeadamente nas emissões de CO<sub>2</sub>, CO, HC e partículas (PM) (Figura 2.2);</li> <li>➤ Libertação de gases de combustão isentos de óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), principais causadores das chuvas ácidas, quando produzido a partir de matéria-prima vegetal;</li> <li>➤ Emissão de gases livres de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (potencialmente cancerígenos) (YANG, et al., 2007);             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não tóxico;</li> </ul> </li> <li>➤ Energia renovável e economicamente atractiva, pois as terras cultiváveis podem produzir uma enorme variedade de oleaginosas como fonte de matéria-prima e os OAU também podem ser valorizados, evitando a sua rejeição</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Capacidade lubrificante superior ao gasóleo, o que aumenta a vida útil dos motores;</li> <li>➤ Maior poder dissolvente, o que evita a acumulação de resíduos (não se obstruem as tubagens e o interior do motor mantém-se limpo);</li> <li>➤ Fácil transporte e armazenamento, dado que possui um ponto de combustão superior ao gasóleo e é muito estável (baixo risco de explosão, sendo necessário uma fonte de calor acima de 150°C para explodir).</li> </ul>	<p>como resíduo;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Combustível cuja queima proporciona uma redução de odores;</li> <li>➤ Biodegradável (98% ao fim de 21 dias), pois uma mistura de 20% de biodiesel com gasóleo convencional degrada-se duas vezes mais rápido que o gasóleo puro.</li> </ul>
---	---

Apesar de não serem necessárias alterações na tecnologia (peças e componentes), o biodiesel tem que apresentar uma qualidade definida, segundo as especificações da Norma.

Os impactes das emissões constituem um pilar fundamental para a preservação ambiental, nesse sentido, a redução das emissões das partículas e dos hidrocarbonetos não queimados apresenta-se como uma vantagem, pois as primeiras têm efeitos nocivos à saúde, e os segundos contribuem para a formação de poluição e destruição da camada de ozono. Assim, pela equação geral da combustão, é possível constatar pelos produtos formados que alguns deles são inofensivos e outros perigosos para a fauna e a flora (Figura 2.1).

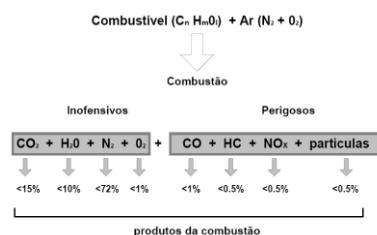


Figura 2.1 - Equação geral da combustão com produtos formados na combustão

Esta particularidade do Biodiesel, permite assim em termos ambientais representar uma clara mais-valia ao nível da generalidade de emissão de poluentes. Efectivamente, e como se percebe pela Figura 2.2, só no caso do  $\text{NO}_x$  é que essa situação não se verifica, uma vez que em todos os outros casos ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , HC e PM), o biodiesel é comparativamente com o gasóleo, mais vantajoso no que concerne à emissão de poluentes atmosféricos.

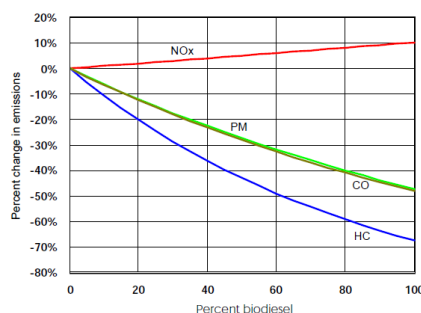


Figura 2.2 – Variação média das emissões de poluentes em função da % de Biodiesel (EPA, 2002)

Apesar de também haver emissão de CO<sub>2</sub>, estudos apontam para uma redução destas emissões em 40% e diminuição das propriedades carcinogénicas do combustível diesel em 80%, aquando da utilização de B<sub>100</sub>, relativamente ao diesel de petróleo (EPA, 2002). Portanto, ao nível destas emissões, o balanço é largamente favorável aos ésteres. Por exemplo, 1TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo) de gasóleo provoca a emissão de 3,4 t de CO<sub>2</sub>, enquanto que 1TEP de éster provoca a emissão de 1,7Mg de CO<sub>2</sub> (QUERCUS, 2006).

Do ponto de vista ambiental, as vantagens da utilização do biodiesel são muito significativas. A reduzida toxicidade do biodiesel, o facto de ser biodegradável, não conter enxofre e não aumentar a emissão de gases causadores do efeito de estufa, associadas à facilidade e rapidez do processo de transesterificação, são vantagens responsáveis pela crescente popularidade do biodiesel junto da sociedade.

A energia específica do biodiesel é aproximadamente 5% inferior à do gasóleo, mas o seu elevado número de cetano compensa esta diferença, daí que o rendimento energético de ambos os combustíveis seja essencialmente o mesmo.

Além das vantagens ambientais e técnicas, podem citar-se as não menos importantes, vantagens económicas e sociais (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Vantagens económicas e sociais do biodiesel

Vantagens	
Económicas	Sociais
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A utilização do biodiesel reduz o custo de operação dos veículos;</li> <li>➤ Proporciona uma diminuição do volume de combustíveis (gasóleo refinado) importados e possibilita uma maior independência do sector energético nacional face às importações de combustíveis;</li> <li>➤ Possibilita uma diminuição no pagamento das taxas de emissão de CO<sub>2</sub>;</li> <li>➤ Proporciona uma redução dos custos operacionais das ETAR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ O uso do biodiesel em substituição do gasóleo pode proporcionar a criação de um novo sector económico auto-suficiente (independente dos constrangimentos internacionais ligados ao petróleo);</li> <li>➤ Este novo sector tem outras vantagens como a criação de novos postos de trabalho directos e indirectos, tais como, recolhedores de OAU e gorduras residuais, funcionários de unidades de pré-tratamento e transformação, responsáveis pela distribuição do combustível, entre outros;</li> <li>➤ Quando as matérias-primas são óleos vegetais puros, promove o desenvolvimento da plantação de espécies vegetais usadas na produção de biodiesel (soja, girassol, entre outros), permite uma redução dos terrenos em pousio, e evita a desertificação nas zonas rurais mais desfavorecidas;</li> <li>➤ As pequenas/médias unidades para a produção de biodiesel podem ser implantadas em diferentes regiões do país, aproveitando a matéria-prima disponível em cada local.</li> </ul>

Enquanto biocombustível o biodiesel também apresenta algumas desvantagens relativamente ao gasóleo, principalmente a nível técnico e ambiental (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Desvantagens técnicas e ambientais do biodiesel (QUERCUS, 2006)

Desvantagens	
Técnicas	Ambientais
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ponto de congelação entre os 0-5°C, podendo ocorrer problemas na passagem do biodiesel do depósito para o motor;</li> <li>➤ Incompatibilidade com alguns materiais, promovendo a corrosão de componentes de borracha (necessário substituir elastómeros e outros materiais das juntas) e ocasionar a dissolução da pintura do veículo (necessário usar tintas resistentes) e do asfalto;</li> <li>➤ Após a primeira utilização poderá ser necessário substituir os filtros antes do tempo normal, dependendo da sujidade no sistema de abastecimento e no depósito de combustível;</li> <li>➤ Menor poder calorífico;</li> <li>➤ Problemas no motor aquando da utilização directa de óleos vegetais sem recorrer ao processo de transesterificação;</li> <li>➤ Custos de produção elevados, sobretudo à micro-escala, tornando-o pouco competitivo a menos que existam incentivos fiscais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento nas emissões de aldeídos e de NO<sub>x</sub>;</li> <li>➤ Aumento da emissão de acroleína (uma substância muito tóxica, que se forma pela decomposição química do glicerol);</li> <li>➤ A produção intensiva da matéria-prima de origem vegetal pode contribuir para potenciar impactes ao nível do solo;</li> <li>➤ Produção de mais um resíduo, caso a glicerina obtida como subproduto não tenha a devida aceitação/encaixe no mercado, nomeadamente como parte de um qualquer processo produtivo.</li> </ul>

Uma das grandes desvantagens é o aumento das emissões dos óxidos de azoto. Segundo diversos testes de desempenho e performance, um outro aspecto importante a ter em conta e aliado às desvantagens, é o aumento do consumo de biodiesel e a respectiva % de mistura de gasóleo, com o aumento do teor de biodiesel na mistura (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Consumo (l/h) de gasóleo e misturas de gasóleo e biodiesel testados num gerador de energia (Paques, et al., 2006)

Combustível	Gasóleo	B <sub>5</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>20</sub>	B <sub>40</sub>	B <sub>60</sub>	B <sub>80</sub>	B <sub>100</sub>
Consumo (l/h)	0,6981	0,6760	0,6571	0,6875	0,7115	0,7255	0,7555	0,7914

A grande questão que agora se levanta no entanto, é se os biocombustíveis podem substituir os fósseis de uma maneira ambientalmente correcta e sustentável. Porém, encarando os OAU como matéria-prima, e, tendo em conta que a população os usa e rejeita, a questão que hoje mais controvérsia causa, são os “combustíveis vegetais”, que são produzidos a partir da colheita agrícola.

Assim, cogita-se que poderá haver uma subida nos preços dos alimentos, provocada pelo aumento da procura de matéria-prima para a produção de biodiesel. Uma das soluções seria incentivar a utilização de *Jatropha* como matéria-prima, uma vez que esta não é usada para consumo humano. Muitos investigadores e empresários do sector argumentam que esta opção pode consumir mais energia para produzir do que o oferecido pelo seu retorno.

Comparando as vantagens e as desvantagens, quer técnicas quer ambientais, económicas ou sociais, é possível concluir que, actualmente, existem mais vantagens comprovadas que desvantagens para a produção de biodiesel, principalmente a nível ambiental e sobretudo se o biodiesel provier de OAU.

### 2.4.3. Panorama da utilização do Biodiesel em Portugal e na Europa

Para além da referenciação das principais iniciativas quer da recolha de OAU quer, associadas a muitas delas, da sua valorização para produção de Biodiesel promovidas transversalmente em Portugal que será objecto de maior detalhe mais à frente (*vide* ponto 2.6), procurou-se neste capítulo efectuar também o seu enquadramento no seio comunitário através da referência genérica do ponto de situação dos principais produtores da Comunidade, cujos primeiros processos de fabrico tiveram início no princípio da década de 90.

Os crescentes problemas associados às emissões de gases poluentes para a atmosfera da indústria dos transportes, tornou necessário a implementação de programas ambientais para a redução da poluição e os incentivos à utilização de energias renováveis faz parte dessa estratégia.

Assim sendo, a Comunidade Europeia, os Estados Unidos, a Argentina e outros países vêm estimulando a substituição do petróleo por combustíveis de fontes renováveis, incluindo principalmente o biodiesel, diante da sua expressiva capacidade de redução da emissão de diversos gases.

De facto, em muitos países europeus, conforme é descrito abaixo, devido ao preço elevado do combustível diesel e aos incentivos fiscais associados à utilização de combustíveis renováveis, o uso do biodiesel tornou-se economicamente atractivo (FELIZARDO, 2003).

Em Portugal, inicialmente o desenvolvimento do sector caracterizou-se por um assinalável desinteresse por parte dos principais actores da fileira de produção de biocombustíveis. Os agricultores não utilizaram para fins energéticos as terras de pousio obrigatório, os industriais não mostraram interesse em apostar nesta nova vertente, nem mesmo os industriais ligados ao sector das oleaginosas, e, a nível político, não surgiu qualquer medida ou estratégia que conduzissem ao desenvolvimento da produção de biocombustíveis (ROSA, 2005).

Apenas se verificaram experiências pontuais de utilização de biodiesel em mistura com o gasóleo, em autocarros da Carris em Lisboa e dos STCP no Porto, em veículos de recolha de lixo da Câmara Municipal de Lisboa e em veículos das frotas das Câmaras Municipais de Lisboa e de Évora. Estas experiências, tiveram por objectivo principal, estudar o comportamento e o rendimento dos motores e avaliar as vantagens ambientais através da determinação das emissões de gases, partículas e hidrocarbonetos resultantes do uso das misturas testadas. A situação só se alterou a partir da entrada em vigor da Directiva 30/2003, principalmente por vontade do sector industrial e posteriormente com



o empenho do poder político. Apareceram diversas empresas interessadas em produzir biodiesel a partir de matéria-prima nacional, ou importada, se não houver disponibilidade nacional, e surgiram simultaneamente várias pequenas e médias empresas ligadas à produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados recolhidos nos sectores da hotelaria e da restauração.

O biodiesel produzido a partir de óleos usados de fritura está a ser consumido essencialmente em frotas cativas e particulares. O biodiesel produzido a partir de óleos vegetais puros será vendido às companhias distribuidoras para mistura com gasóleo. Dada a escassez de produção de matéria-prima nacional tradicionalmente utilizada na obtenção de biodiesel (colza, girassol e soja) ou de bioetanol (cereais, beterraba, sorgo e outros) e os fracos rendimentos destas culturas, devem ser considerados três cenários para que a utilização de biocombustíveis em Portugal possa efectivar-se: (i) importação directa de biodiesel e/ou bioetanol; (ii) produção de biocombustíveis a partir de matérias-primas importadas; e (iii) produção a partir de matérias-primas nacionais.

A procura de matéria-prima pelos produtores nacionais de biocombustíveis pode assim vir a ser satisfeita, pelo menos em parte, pela agricultura nacional, minimizando o risco do abandono da produção agrícola nos regadios e permitindo uma utilização economicamente competitiva destas áreas em Portugal. Se este cenário for considerado politicamente estratégico, as taxas de isenção fiscal para os biocombustíveis deverão ser diferenciadas, dando um incentivo claro à produção nacional (ROSA, 2005).

Em Portugal, comparativamente com outros países europeus (como a Alemanha por exemplo onde a isenção de impostos é completa em todo o processo de produção de biodiesel) há poucos incentivos que tornam o biodiesel tão atractivo, ainda assim o país tem-se esforçado por avançar nesta área.

Actualmente, os biocombustíveis estão a ser testados em várias partes do mundo. Países como Eslováquia, Espanha, Alemanha, França, Áustria, Dinamarca, República Checa, Itália, Portugal, entre outros, já produzem biodiesel comercialmente, estimulando o desenvolvimento à escala industrial (Figura 2.3). Nos dias de hoje, várias dezenas de empresas integram a European Biodiesel Board (EBB) e produzem biodiesel na Europa e o mercado tem crescido de forma exponencial.

Na Europa usa-se predominantemente a colza, por falta de alternativas, embora se fabrique biodiesel também com OAU e resíduos gordurosos. Ao Governo não cabe fazer as escolhas, mas sim estimular as alternativas que mais contribuam para gerar empregos e promover a inclusão social.

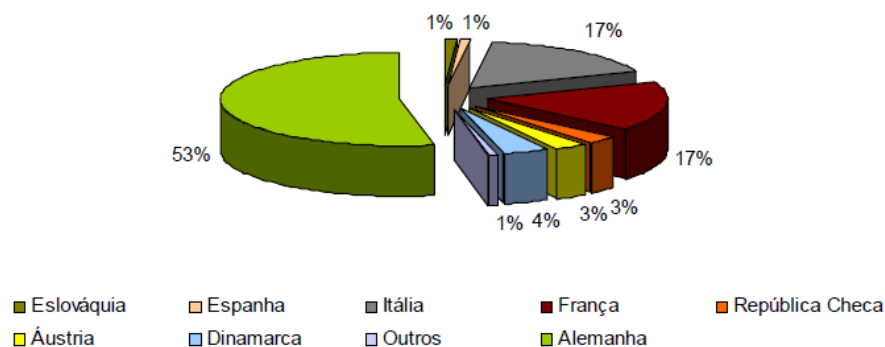


Figura 2.3 - Principais países produtores de biodiesel em 2006 (EBB, 2010)



### ➤ Alemanha

Na Alemanha, a primeira unidade piloto de produção de biodiesel foi construída em 1991 e apresentava uma capacidade de 1000 l/dia. A Alemanha, em 2004, dispunha de uma capacidade instalada de produção de 265 000 Mg/ano e estavam à data planeadas mais três unidades com uma capacidade total de cerca de 160 000 Mg/ano. Um aspecto importante está relacionado com o fornecimento deste combustível, desde 1995 aproximadamente 350 estações de serviço vendem biodiesel, sendo que em 2002 este número aumentou para mais de mil. Hoje, o maior produtor mundial é a Alemanha onde há cerca de 2000 postos que vendem biodiesel puro e uma produção de mais de 2 bilhões de litros por ano, sendo responsável por cerca de 42% da produção mundial. Os resultados positivos obtidos com a utilização de biodiesel em motores diesel comuns resultaram no uso alargado deste combustível em toda a Alemanha (FELIZARDO, 2003).

A Alemanha estabeleceu um expressivo programa de produção de biodiesel a partir da colza, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel. O modelo de produção na Alemanha, assim como noutros países da Europa, tem características importantes, depois de produzido, o biodiesel é distribuído de forma pura, isento de qualquer mistura ou aditivação. Nos postos de venda de biodiesel, uma mesma bomba conta com dois bicos, sendo um para óleo diesel de petróleo e o outro, com selo verde, para biodiesel. Grande parte dos usuários misturavam, nas mais diversas proporções o biodiesel com o diesel comum, até ganhar confiança no biodiesel, cerca de 12% mais barato. Esse menor preço é decorrente da isenção de tributos em toda a cadeia produtiva do biodiesel (Maurício, 2008).

### ➤ França

Em França, o biodiesel é produzido a partir de óleo de colza, sendo o combustível vendido directamente às indústrias petrolíferas, que misturam o produto a 5% com o diesel fóssil e vendem a mistura como combustível para caldeiras e para os transportes (FELIZARDO, 2003).

Actualmente, a França possui mais de 1500 postos de abastecimento e 500 milhões de litros/ano de capacidade, o que faz deste país o segundo maior produtor europeu de biodiesel.

As motivações e os sistemas produtivos na França são semelhantes aos adoptados na Alemanha, porém o combustível é fornecido no posto já misturado com o óleo diesel de petróleo na proporção actual de 5%, prevendo-se que a curto/médio prazo essa percentagem passe para 8%.

Em França, mais de 30 cidades juntaram-se para formar o “Club de Villes Diester”, uma associação com o objectivo de promover a qualidade técnica e ambiental do biodiesel, biodiesel esse que, actualmente é misturado a 30% com o diesel em frotas de transportes públicos (Maurício, 2008).

### ➤ Outros países

Vários outros países têm demonstrado interesse no biodiesel, seja para produzir, seja para comprar e consumir. Na **Áustria**, a isenção de imposto para o biodiesel puro é aproximadamente 95%. Além da utilização a 100% em transportes públicos, a partir de 2000 o biodiesel passou a ser disponibilizado ao público numa proporção de 2% juntamente com o diesel fóssil (FELIZARDO, 2003).

Em **Itália**, o biodiesel é também produzido a partir de óleo de colza e de girassol e é utilizado puro como combustível para aquecimento e em misturas com o diesel para os transportes. O produto é distribuído através de uma rede de distribuidores autorizados, sendo que a utilização de biodiesel em mistura com o diesel fóssil, encontra-se em franco crescimento no sector público e privado dos transportes. A Itália tem uma capacidade de produção instalada de cerca de 1,1 milhões de Mg/ano. Países como a **Bélgica**, a **Inglaterra**, a **Suécia**, a **Espanha**, a **Holanda** e a **República Checa** já estão bem adiantados no tema, possuindo também unidades indústrias de produção de biodiesel. No entanto, a utilização deste combustível não é tão generalizada como nos casos da França ou da Alemanha (Maurício, 2008).

Tabela 2.7 – Produção de biodiesel por país da União Europeia em 2008 (EBB, 2010)

<b>País</b>	<b>Milhares de Mg</b>
Alemanha	2 819
França	1 815
Itália	595
Bélgica	277
Polónia	275
<b>Portugal</b>	<b>268</b>
Dinamarca/Suécia	231
Áustria	213
Espanha	207
Inglaterra	192
Eslováquia	146
Grécia	107
Hungria	105
República Checa	104
Holanda	101
Finlândia	85
Lituânia	66
Roménia	65
Lituânia	30
Irlanda	24
Bulgária	11
Chipre	9
Eslovénia	9
Malta	1
Luxemburgo	0
Estónia	0
<b>TOTAL</b>	<b>7 755</b>

#### 2.4.4. Propriedades e Especificações do Biodiesel

Nos dias de hoje, os motores a diesel requerem um combustível que seja limpo quando queimado, além de ter de permanecer estável sob as diferentes condições em que opera.

O biodiesel é o único combustível alternativo e biodegradável que pode ser usado directamente em qualquer motor a diesel. Alguns autores referem que o biodiesel puro pode ser utilizado directamente pelo motor diesel como combustível, no entanto, a utilização de biodiesel puro exige modificações mínimas no motor para que o seu desempenho não se altere. Porém, a utilização eficaz quando se usam misturas não exige qualquer modificação no motor ou no veículo. As emissões poluentes praticamente nulas do biodiesel fazem dele um combustível ideal para o uso em áreas marinhas, parques nacionais e florestas e, principalmente, em grandes meios urbanos (PIWKO, 2007).

Tendo em conta que a valorização dos OAU para produção de biodiesel é o grande enfoque do presente trabalho, é importante ressaltar que, quando comparados com os óleos vegetais, contêm uma quantidade superior de FFA e de água, o que influencia a reacção. Posto isto, é importante perceber a influência destas propriedades na produção de biodiesel, assim como os diferentes parâmetros relacionados com o processo de produção (catalisador, temperatura, excesso de metanol, quantidade de água de lavagem). Não menos importante é garantir a qualidade do produto final, uma vez que existem especificações que têm de ser garantidas para que o biodiesel possa ser comercializado (FELIZARDO, 2003).

##### 2.4.4.1. Propriedades Físicas

A combustibilidade de uma substância, proposta como um combustível, refere-se à facilidade em realizar a combustão no equipamento da forma desejada, na produção de energia mecânica mais adequada. Em motores diesel a combustibilidade relaciona as seguintes propriedades essenciais do combustível: o poder calorífico e o índice de cetano. Entre as diversas propriedades físicas do biodiesel, além das citadas anteriormente, destacam-se o aspecto visual, a densidade e a viscosidade dinâmica, o ponto de fulgor ou de inflamação, a lubricidade e os pontos de névoa e de fluidez.

O **aspecto visual** é uma indicação da qualidade e de possível contaminação do produto. O combustível deve apresentar-se límpido e isento de materiais em suspensão que, quando presentes, podem reduzir a vida útil dos filtros (Maurício, 2008).

A **densidade** e a **viscosidade** são propriedades fluido dinâmicas, importantes para o funcionamento de motores a ciclo diesel (de injeção por compressão). Tais propriedades exercem grande influência na circulação e injeção do combustível. A viscosidade, pelo facto de definir a qualidade de pulverização na injeção do combustível, participa também como factor de qualidade na combustão. No caso de o combustível apresentar valores de viscosidade inferiores ao limite permitido, pode ocorrer desgaste excessivo nas partes auto-lubrificantes do sistema de injeção, vazamento na bomba de combustível e danos no pistão. Por outro lado, se apresentar valores de viscosidade superiores, para além de implicar num aumento de trabalho forçado pela bomba de combustível, conduzindo a um maior desgaste, conduz também a uma má atomização do combustível com consequente combustão incompleta e aumento da libertação de fumos e partículas.

O **ponto de fulgor ou de inflamação** (*Flash Point*) é a temperatura mínima (em °C) à qual um líquido combustível ou inflamável liberta vapores em quantidade suficiente para que a mistura vapor-ar, imediatamente acima da sua superfície, propague uma chama a partir de uma fonte de ignição. No entanto, os vapores libertados a esta temperatura não são suficientes para dar continuidade à combustão (FELIZARDO, 2003). Esta propriedade assume importância no que diz respeito à segurança no transporte, manuseamento e armazenamento do combustível. O ponto de fulgor do biodiesel, quando isento de metanol ou etanol, é superior à temperatura ambiente, o que significa que o combustível não é inflamável nas condições normais onde é transportado, manuseado e armazenado, podendo inclusivamente ser utilizado em embarcações (Maurício, 2008).

O **poder calorífico** de um combustível representa a quantidade de energia produzida, por unidade de massa, pela queima desse mesmo combustível. A potência máxima a ser atingida pelo motor em operação é dependente do poder calorífico do combustível usado no seu funcionamento. Deste modo, um combustível com maior poder calorífico permite uma maior potência máxima atingida pelo motor em operação. O poder calorífico do biodiesel é muito semelhante ao do gasóleo, apesar de ligeiramente inferior. Caso se verifique uma combustão mais completa, o consumo de biodiesel pode ser equiparado ao obtido através do uso de gasóleo (Maurício, 2008).

O **número de cetano** mede a qualidade de ignição de um combustível num motor do ciclo diesel. O número de cetano relaciona-se directamente com o atraso de ignição do combustível no motor. Portanto, quanto maior for o índice de cetano de um combustível, melhor será a combustão desse combustível num motor diesel, ou seja, menor o atraso da ignição e, consequentemente, menor a quantidade de combustível que permanecerá na câmara por não ter sido queimada no tempo certo que induz um mau funcionamento do motor. Ambientalmente, este parâmetro possui relevância pois quanto maior for o índice de cetano de um combustível, melhor será a sua combustão, minimizando a emissão de poluentes para a atmosfera, tais como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e partículas.

A **lubricidade** é uma propriedade que permite medir o poder de lubrificação de uma substância, sendo função de outras propriedades físicas do combustível, destacando-se a viscosidade e a tensão superficial. Ao contrário dos motores a gasolina, os motores a diesel requerem que o combustível tenha propriedades de lubrificação. Em consequência do funcionamento da bomba de injeção do combustível, é exigido que o líquido, ao escoar, lubrifique adequadamente as peças em movimento (Maurício, 2008).

O **ponto de névoa** de um combustível é a temperatura à qual o líquido, por refrigeração, começa a ficar turvo. O ponto de névoa influencia de forma negativa o sistema de alimentação do motor, bem como o filtro de combustível, quando o motor é accionado a baixas temperaturas. Assim, esta é uma propriedade que desfavorece o uso de óleos vegetais *in natura* em motores do ciclo diesel, particularmente em regiões onde a temperatura é baixa, pois os óleos vegetais, independentemente da matéria-prima, apresentam um ponto de névoa superior ao do gasóleo. Em Portugal, como as temperaturas são amenas, não há problema de congelamento do combustível, sobretudo, porque se usa o biodiesel em mistura com o óleo diesel convencional.

O **ponto de fluidez** é a temperatura à qual o líquido combustível deixa de escoar livremente. Estas propriedades são consideradas importantes no que diz respeito à temperatura ambiente onde o combustível deve ser armazenado e utilizado. Os pontos de fluidez e de névoa do biodiesel variam segundo a matéria-prima que lhe deu origem, e ainda, do álcool usado na reacção de produção do biodiesel (Maurício, 2008).

#### 2.4.4.2. Propriedades Químicas

As propriedades químicas do biodiesel são várias, destacando-se o teor de enxofre, cinzas sulfatadas, corrosibilidade ao cobre, teor de água e sedimentos, índice de acidez e índice de iodo. O **teor de enxofre** é um indicativo da concentração deste elemento no combustível. Os óleos vegetais e as gorduras animais são matérias-primas que não contêm enxofre, deste modo, o biodiesel é totalmente isento deste elemento. Porém, quando a matéria-prima usada na produção do biodiesel se trata de um subproduto residual, o teor de enxofre no biodiesel poderá não ser nulo permanecendo contudo, a níveis muito baixos. O enxofre é um elemento indesejável em qualquer combustível devido à formação de gases tóxicos, como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e o trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ), que ocorre durante a combustão, e à acção corrosiva dos seus compostos. Na presença de água, o  $\text{SO}_3$  leva à formação de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), que, para além de ser altamente corrosivo para os metais constituintes dos equipamentos, acarreta vários riscos para o ambiente. O biodiesel pode, desta forma, ser considerado um combustível limpo, diferente do gasóleo, que em consequência de possuir enxofre na sua estrutura, tem importantes implicações sobre o meio ambiente e funcionamento dos motores (Maurício, 2008). As **cinzas sulfatadas** são basicamente constituídas por sais inorgânicos (óxidos metálicos de sódio ou potássio no caso do biodiesel) que se formam após a combustão do produto. A importância deste parâmetro relaciona-se com o facto de muitos destes sais apresentarem pontos de fusão baixos, podendo causar danos nos motores, sobretudo nas câmaras de combustão. Teores de cinzas acima dos limites legislados podem também danificar pistões, anéis, bombas injectoras e injectores (obstrução dos bicos injectores).

O **poder de solvência** do biodiesel consiste na capacidade que este apresenta para solubilizar um elevado grupo de compostos orgânicos, incluindo as resinas que compõem as tintas, sendo por isso aconselhável ter cuidados com o manuseamento do biodiesel, de forma a evitar danos à pintura dos veículos, nas proximidades do ponto ou bocal de abastecimento.

A **corrosibilidade** ao cobre permite avaliar o carácter corrosivo do combustível, que se encontra associado à presença de enxofre elementar e gás sulfídrico. A presença destes elementos no combustível induz a corrosão das peças de cobre, ligas de cobre e outros metais (Maurício, 2008).

Em princípio, a corrosibilidade do biodiesel neutro é zero. Com o aumento da acidez este apresenta-se como corrosivo, existindo uma correlação entre o índice de acidez e a corrosibilidade. Por outro lado, em certas circunstâncias, existem conveniências práticas e económicas em direccionar o processo de produção de biodiesel, de forma que resulte um produto com um índice de acidez consideravelmente elevado, comprometendo a sua corrosibilidade na forma pura ( $B_{100}$ ).

A determinação do **teor de água** e sedimentos em amostras de biodiesel visa controlar a presença de contaminantes sólidos e de água. Os sedimentos são extremamente inconvenientes, uma vez que

podem acelerar a degradação do biodiesel, reduzir a vida útil dos filtros dos veículos e contribuir para um inadequado funcionamento dos motores.

Na determinação do teor de água pode-se utilizar o método de Karl Fischer. Esta técnica consiste numa titulação potenciométrica baseada na oxidação de  $\text{SO}_2$ , contido no reagente de Karl Fischer, na presença de água existente no combustível ( $\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ).

A presença de água no combustível pode contribuir para um aumento da sua acidez, tornando-o corrosivo e proporcionar a formação de resíduos. Além disso, a presença de água pode suportar o crescimento microbiano nos tanques de armazenamento ou reagir com os FFA ainda presentes no biodiesel, mesmo que em proporções vestigiais, dando origem a sabão e a glicerina. A presença de sabão no combustível contribui para a formação de resíduos no sistema de injeção do combustível e no motor e pode colmatar o filtro de combustível (Maurício, 2008).

O **índice de acidez** corresponde à percentagem de ácidos gordos livres presentes numa amostra de combustível. O seu valor é dado pela massa de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos gordos livres, contidos num grama de amostra de combustível e é determinado através de um método titrimétrico (FELIZARDO, 2003). O processo resume-se a uma reacção de neutralização, por intermédio de uma solução alcalina, dos ácidos gordos livres existentes numa amostra (FELIZARDO, 2003). A titulação é efectuada com uma solução aquosa 0,1M de hidróxido de potássio e até ao ponto de viragem da fenolftalína, ou seja, até à detecção de uma cor rosada permanente da toma de ensaio (Maurício, 2008).

A acidez é a percentagem de ácidos gordos livres de uma gordura ou óleo. A acidez pode ser expressa em ácido láurico nos óleos de palmiste e de copra, em ácido palmítico no óleo de palma e em ácido oleico em todas as outras gorduras e óleos. Assim, a titulação efectuada é expressa em percentagem de ácido oleico (QUERCUS, 2006).

É usual que o biodiesel produzido por catálise básica apresente valores de acidez baixos, dado que os resíduos do catalisador tendem a reagir com os ácidos gordos livres, neutralizando-os. Contudo, ao longo do tempo o índice de acidez tende a aumentar, devido à degradação do biocombustível por acção do ar e da humidade. Este parâmetro reflecte o estado de conservação do biodiesel, assim, a obtenção de valores elevados para o índice de acidez indica o seu envelhecimento. Tal facto é inconveniente, pois conduz a um aumento de partículas depositadas no sistema de distribuição de combustível, reduzindo o tempo de vida das bombas e dos filtros. É ainda de salientar que um combustível com valores de acidez elevados também provoca a corrosão dos componentes metálicos do motor.

O **índice de iodo** indica o grau de insaturação dos óleos em determinadas condições e é determinado analisando o número de ligações duplas existentes na mistura, decorrentes dos ácidos gordos do combustível. Após o conhecimento da composição dos metilésteres, este índice pode ser calculado como o somatório das contribuições individuais de cada metiléster, obtidas por multiplicação da percentagem de cada um pelo seu factor de contribuição. Os resultados obtidos por este método dependem de factores tais como o tempo de contacto, a natureza do portador do iodo (solução utilizada na determinação) e o excesso de iodo, sendo necessário cumprir estritamente as mesmas condições.

Deste modo, um índice de iodo elevado indica uma quantia elevada de ligações triplas e duplas na amostra, reflectindo o grau de instauração dos triglicerídeos. Um biodiesel rico em compostos insaturados possui um potencial elevado para polimerizar e uma instabilidade à oxidação, o que provoca o seu envelhecimento e a formação de depósitos (FELIZARDO, 2003).

Portanto, de um modo geral, apesar das propriedades do biodiesel dependerem da matéria-prima e do processo de fabrico usados, as suas variações não são significativas pelo que não interferem na qualidade de combustão do biodiesel, se este for usado e produzido de forma adequada. Na verdade, os efeitos da origem da matéria-prima reflectem-se essencialmente na composição e na natureza dos ácidos gordos presentes nos triglicerídeos. Assim, óleos vegetais de espécies diferentes possuem ácidos gordos de composições diferentes.

Os **ácidos gordos** diferem entre si a partir de três características: o tamanho da cadeia de hidrocarbonetos, o número de ligações insaturadas e a presença de certos grupos químicos. Pode assumir-se que, quanto menor o número de ligações duplas e maior a cadeia das moléculas, maior o número de cetano do combustível o que se traduz numa maior qualidade de combustão. Em contrapartida, maior o ponto de névoa e entupimento (maior sensibilidade a climas frios). Por sua vez, um elevado número de ligações duplas torna as moléculas menos estáveis em termos químicos o que pode provocar inconvenientes devido a oxidações e degradações do combustível, se inadequadamente armazenado ou transportado. Assim, o biodiesel com uma predominância de ácidos gordos monoinsaturados é aquele que apresenta os melhores resultados e com moléculas com cadeias muito extensas tornam-no tecnicamente inviável em regiões cujos Invernos são rigorosos.

#### 2.4.5. Processo de Produção

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos químicos e biológicos relativamente simples, cuja eficiência e viabilidade estão dependentes das características das gorduras e óleos usados como fonte de matéria-prima do processo. Inicialmente, foram estudados alguns processos como a diluição de óleos vegetais com diesel fóssil e a formação de micro emulsões dos óleos vegetais com álcoois de cadeia curta, com o objectivo de tentar minimizar os problemas associados aos combustíveis fósseis (Maurício, 2008).

**A diluição de óleos vegetais com diesel fóssil** foi uma das soluções estudadas para resolver o problema da viscosidade dos óleos. Contudo, os problemas apresentados pela utilização directa de óleos vegetais como combustível não são resolvidos com esta solução. Apesar de alguns testes terem dado bons resultados, na maioria dos casos a utilização de diluições de óleos vegetais conduz ao espessamento do óleo lubrificante do motor. Este espessamento é provocado pela oxidação e polimerização do óleo vegetal dissolvido no óleo lubrificante (FELIZARDO, 2003).

**A formação de micro emulsões** foi estudada para tentar resolver os problemas associados à alta viscosidade apresentada pelos óleos vegetais. Assim, a diminuição da viscosidade dos óleos era conseguida à custa da adição de solventes tais como determinados álcoois simples (metanol, etanol, etc.). Contudo, apesar das micro emulsões apresentarem boas características no que diz respeito aos padrões de atomização, verificou-se que a longo prazo provocavam a deposição de carbono no



motor, a combustão incompleta e o aumento da viscosidade dos óleos lubrificantes. Com o desenvolvimento e a pesquisa de novas tecnologias surgiram outros processos de produção de biodiesel, não descuidando o aspecto ambiental, e são eles: o craqueamento, a esterificação e a transesterificação.

#### 2.4.5.1. Processo de Craqueamento

Os óleos e gorduras podem ser sujeitos a transformação por acção de um processo designado craqueamento. O craqueamento é o processo através do qual os óleos e gorduras são sujeitos a degradação possibilitando a formação de moléculas de menores dimensões, entre os quais compostos oxigenados, dióxido de carbono e hidrocarbonetos. Os hidrocarbonetos podem ser destilados e separados de acordo com o seu peso molecular, pelo que os produtos de reacção podem corresponder a fracções equivalentes ao GPL (Gases de Petróleo Liquefeitos), à gasolina e ao gasóleo, em proporções variadas, dependendo da rota e das condições impostas ao processo reaccional. Apesar do equipamento necessário para efectuar o craqueamento ser dispendioso e as produções serem modestas, os produtos são quimicamente semelhantes aos combustíveis obtidos por craqueamento de produtos petrolíferos. Verifica-se a existência de dois tipos distintos de craqueamento, o térmico e o catalítico (Maurício, 2008).

#### 2.4.5.2. Processo de Esterificação

A esterificação é uma reacção química entre um ácido carboxílico e um álcool que produzem éster e água (FELIZARDO, 2003):



Equação 2.1 - Reacção de esterificação

Os álcoois reagem com os ácidos orgânicos e inorgânicos para formar derivados, designados por ésteres. Esta reacção é lenta podendo necessitar de muitos dias para ser completa, mas pode ser acelerada pela presença de iões  $\text{H}^+$  (vestígios de um ácido inorgânico) que exercem uma acção catalítica. Por outro lado é reversível e, portanto, limitada pela reacção inversa, que se denomina hidrólise (QUERCUS, 2006).

Normalmente, os OAU após a fritura, contêm uma grande quantidade de ácidos gordos livres que possibilitam a produção de biodiesel por esterificação. Todavia, recorre-se, por norma, à remoção dos ácidos gordos livres por neutralização e, assim, a produção de biodiesel é com recurso à transesterificação e a todas as etapas a ela inerentes.

#### 2.4.5.3. Processo de Transesterificação

A transesterificação é o processo mais amplamente usado na produção de biodiesel e é composto por três etapas fundamentais, apesar de poderem diferir em muitos aspectos:

- Pré-tratamento das matérias-primas;
- Reacção de transesterificação;
- Purificação do produto final.



A purificação pode englobar a separação de fases (biodiesel/glicerina), a recuperação do álcool da glicerina e dos ésteres, a desidratação do álcool, a purificação dos ésteres e a destilação da glicerina (Figura 2.4) (FELIZARDO, 2003).

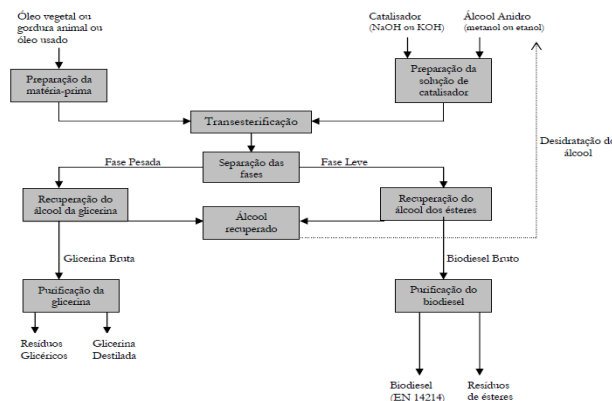


Figura 2.4 - Processo produtivo do biodiesel pela reacção de transesterificação na presença de um catalisador

### ➤ Pré-tratamento da matéria usada

Como já foi referido anteriormente, a matéria-prima utilizada para a produção de biodiesel pode ser de diversas origens. Deste modo, sempre que a matéria-prima tenha sido sujeita a processos potencialmente contaminantes, como fritura de alimentos, por exemplo, é conveniente proceder a um pré-tratamento antes de ser utilizada. Este pré-tratamento visa eliminar as impurezas e os compostos indesejáveis, de modo a que o rendimento do processo seja superior e/ou que o produto obtido apresente melhor qualidade. A conversão dos óleos e gorduras pressupõe uma preparação da matéria-prima, com o objectivo de criar as melhores condições conducentes a uma taxa de conversão máxima. A matéria-prima deve apresentar um baixo teor de humidade, pelo que deve ser submetida a secagem ou desumidificação e deve, ainda apresentar um baixo nível de acidez o que implica a sua neutralização, através de uma lavagem com solução alcalina de hidróxido de sódio ou potássio (Maurício, 2008).

Assim, dependendo do composto a eliminar/reduzir, os óleos vegetais e gorduras animais podem sofrer diversos tipos de tratamento, como sejam a redução de ácidos gordos livres, a remoção de gomas e resíduos sólidos, a filtração, a secagem, o branqueamento e a desodorização.

**A redução dos ácidos gordos livres** pode ser executada por neutralização ou por extracção por solvente. A neutralização consiste em adicionar uma base (NaOH, KOH), induzindo a formação de sabão, que deve ser removido antes de qualquer outro tratamento posterior. Estas reacções consomem o catalisador, reduzindo a eficiência catalítica, e levam à formação de emulsões, as quais aumentam a viscosidade dos produtos e criam dificuldade na separação e purificação do biodiesel. Por sua vez, a extracção por solvente permite remover os ácidos gordos livres ou os triglicéridos utilizando um solvente. Como exemplos tem-se o etanol que permite reduzir o conteúdo de ácidos gordos livres do azeite de 20% para menos de 3% e a utilização de propano líquido que, remove unicamente os triglicéridos, sendo por isso muito eficiente na redução da cor.

**A remoção de gomas** é muito comum para óleos e gorduras em bruto que contêm, normalmente, grandes quantidades de fosfatídeos. O processo utilizado consiste na precipitação das gomas após adição de ácido fosfórico e injeção de vapor de água.

**A filtração** é utilizada para eliminar pequenas proporções de sólidos existentes em suspensão e para recuperar líquidos contidos na fracção sólida de uma pasta. Pode realizar-se por gravidade ou a vácuo. A filtração por gravidade é um processo lento e como tal, é pouco utilizada a nível industrial. A filtração a vácuo decorre a pressões negativas, de modo a acelerar o processo. Este tipo de filtração funciona com eficiência e rapidez, contudo, as partículas sólidas retidas vão colmatando os filtros e consequentemente, reduzindo a velocidade do processo (Maurício, 2008).

**A secagem** consiste na utilização de um agente secante, como o sulfato de magnésio anidro ou o sulfato de sódio anidro, para remover a água residual que possa existir no óleo. A remoção de toda a água existente no óleo é essencial, pois induz a ocorrência de reacções de saponificação em condições alcalinas (FELIZARDO, 2003).

**O branqueamento** consiste na adição de carvão activado ao óleo. Este procedimento permite a remoção de metais, água, substâncias insolúveis e pigmentos, conseguindo-se também reduzir a cor e a possível turvação dos óleos vegetais e gorduras animais.

**A desodorização** permite reduzir a quantidade de cetonas e aldeídos, aclarar o produto através da destruição de carotenoides, reduzir a quantidade de pesticidas, detergentes e metais. Esta operação consiste numa destilação sob vácuo (2 a 5 mm Hg) a 240-270°C, sendo por isso dispendiosa em termos energéticos (FELIZARDO, 2003).

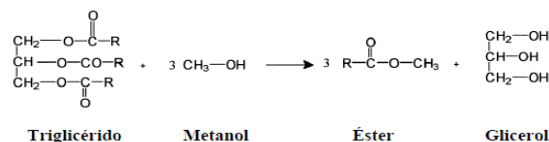
Após o pré-tratamento, a matéria-prima deverá possuir uma composição que permita a sua utilização no processo de produção de biodiesel, sem comprometer o seu rendimento ou a qualidade do produto final.

### ➤ Reacção de Transesterificação

**A transesterificação** parece ser a melhor alternativa para a utilização dos óleos vegetais como alternativa ao diesel fóssil. Isto porque as características dos ésteres de ácidos gordos (biodiesel) são muito próximas das do diesel fóssil. Além do mais, os ésteres metílicos e etílicos de ácidos gordos podem ser queimados directamente em motores diesel, sem serem necessárias modificações no motor.

Os óleos vegetais, gorduras animais ou residuais são purificados e reagem com um álcool de cadeia curta, geralmente metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ou etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) na presença de um catalisador como o hidróxido de potássio (KOH) ou o hidróxido de sódio (NaOH), de modo a acelerar a reacção. Quando isso acontece, o triglicerídeo é transformado para formar os ésteres e a glicerina. Os ésteres resultantes são os designados por biodiesel. A glicerina é empregada para a fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos.

A reacção de transesterificação do óleo vegetal compreende uma sequência de três reacções reversíveis e consecutivas, em que os monoglicéridos e os diglicéridos são os intermediários (Equação 2.2).



Equação 2.2 - Reacção de transesterificação

Os grupos alquílicos são distintos, portanto, formar-se-ão também diferentes ésteres. A sua estequiometria é de 3 moles de álcool por cada mole de triglicerídeo. Contudo, na prática, é necessário um excesso de álcool (6 moles de álcool por cada mole de triglicerídeo) para aumentar o rendimento em ésteres, ou seja, é necessário deslocar a reacção no sentido da formação dos produtos.

Diversos aspectos têm influência na reacção de transesterificação, nomeadamente: o tipo de óleo usado, o catalisador usado (alcalino, ácido ou enzimático), o peso molecular do álcool, a relação estequiométrica estabelecida entre álcool e óleo vegetal/residual, a temperatura a que decorre a reacção, o grau de pureza dos reagentes (principalmente o teor em água) e o índice de ácidos gordos do óleo vegetal.

Os reagentes usados, que permitem deslocar o equilíbrio da reacção no sentido da formação do produto, são álcoois simples, de baixo peso molecular, tais como o metanol, etanol, propanol, butanol e o álcool amílico, considerando-se pouco activos ou completamente inactivos os álcoois superiores. Entre os álcoois mencionados, os mais utilizados são o metanol e o etanol, uma vez que o rendimento da transesterificação decresce com o aumento da cadeia de álcool (Maurício, 2008).

Na **transesterificação metílica** o álcool utilizado é o metanol. Este é o processo de transesterificação mais usado, sobretudo por motivos relacionados com o processo e por razões relacionadas com a sua natureza física e química, nomeadamente devido à sua curta cadeia e ao seu grau de polaridade, o que o torna mais reactivo. Esta última propriedade, também permite maior facilidade na separação entre os ésteres e a glicerina. O metanol é ainda isento de água e mais barato, tornando o processo menos dispendioso. Tem, no entanto, a desvantagem de se tratar de um álcool com elevado grau de toxicidade. A transesterificação metílica é considerada muito eficaz, proporcionando uma transformação praticamente completa, na ordem dos 95-98%, dos triglicerídeos em ésteres de ácidos gordos, num período de tempo relativamente pequeno (Silva, 2003).

A **transesterificação etílica** decorre com o uso do etanol. Este álcool é mais atractivo do ponto de vista ambiental, uma vez que se trata de um composto orgânico obtido a partir da fermentação de hidratos de carbono (açúcar, celulosa, amido) com origem em culturas vegetais, ou seja, trata-se de um composto renovável. O etanol é ainda muito menos tóxico que o metanol e proporciona biodiesel com um maior índice de cetano e lubrificação. No entanto, como o etanol possui uma cadeia mais longa que a do metanol torna os ésteres etílicos produzidos mais miscíveis na glicerina, o que prejudica a separação de fases. Outro inconveniente do etanol deve-se à presença de um elevado teor de água, o que prejudica a transesterificação, uma vez que a presença de água conduz à ocorrência de reacções de saponificação. A minimização deste facto implica o uso de etanol anidro (Silva, 2003). Na Tabela 2.8 são apresentadas as principais diferenças, vantagens e desvantagens

entre a transesterificação metílica e etílica. O balanço ecológico do etanol não é bom devido ao fraco rendimento da fermentação alcoólica que produz muito dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Tabela 2.8 - Principais vantagens e desvantagens consoante o tipo de álcool usado no processo produtivo

	Vantagens	Desvantagens
<b>Metanol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor que do etanol anidro (em proporção molar álcool: óleo recomendada é 6:1 na transesterificação metílica e 20:1 na etílica);</li> <li>➤ Preço do metanol é cerca de metade; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Agente mais reactivo;</li> </ul> </li> <li>➤ Para uma mesma taxa de conversão e condições operacionais idênticas, o tempo de reacção é inferior (<math>\pm</math> 45 min. comparando com 90 min. na transesterificação etílica);</li> <li>➤ Considerando a mesma produção de biodiesel, o consumo de vapor e electricidade é inferior na rota metílica;</li> <li>➤ Menor temperatura recomendada (65°C);</li> <li>➤ Os equipamentos necessários ao processamento da matéria-prima correspondem a cerca de um quarto do volume dos equipamentos para a rota etílica, para uma mesma produtividade e qualidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Apesar de poder ser produzido a partir da biomassa, é tradicionalmente um produto fóssil; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bastante tóxico;</li> </ul> </li> <li>➤ Mais volátil, possibilitando um maior risco de incêndios.</li> </ul>
<b>Etanol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Produz biodiesel com um maior índice de cetano e maior lubrificação;</li> <li>➤ Se for produzido a partir de biomassa produz um combustível 100% renovável; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não é tão tóxico como o metanol;</li> </ul> </li> <li>➤ Menor risco de incêndios, dada a sua maior estabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Os ésteres etílicos possuem maior afinidade com a glicerina, dificultando a posterior separação;</li> <li>➤ Elevada temperatura recomendada (80°C); <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possui afinidade com a água, pelo que a sua desidratação requer maiores gastos energéticos e investimentos com equipamentos;</li> </ul> </li> <li>➤ Dependendo do preço da matéria-</li> </ul>

		prima, os custos de produção de biodiesel etílico podem ser até 100% maiores que o metílico.
--	--	--

Verifica-se que a transesterificação metílica apresenta inúmeras vantagens relativamente à etílica, sendo por isso preferível, excepto quando a elevada disponibilidade de etanol o justifique. Usualmente as reacções de transesterificação exigem a presença de um catalisador que induza a reacção. Os catalisadores podem ser ácidos, básicos ou enzimáticos, e deste modo, pode-se falar em processos de catálise ácida, catálise básica, ou enzimática. No entanto existem processos que não necessitam de catalisador, podendo ser utilizado o metanol supercrítico ou co-solventes como forma de acelerar a reacção de transesterificação.

### ➤ Separação de Fases

Após a reacção de transesterificação, a separação de fases é essencial na obtenção de biodiesel com um elevado grau de pureza. De acordo com as especificações da UE, o teor de ácidos gordos livres, álcool, água e glicerina devem ser mínimos de forma que a pureza do biodiesel seja superior a 96,5%.

A mistura reaccional resultante de um processo de transesterificação é constituída por duas fases, a glicerina e o biodiesel. Devido à agitação intensa a que a mistura é sujeita durante a reacção, o glicerol encontra-se disperso na mistura, sob a forma de pequenas gotas. O facto dos dois produtos da reacção não serem miscíveis e de possuírem densidades consideravelmente diferentes, permite que sejam separados por técnicas simples de separação de gravidade, como a decantação e/ou a centrifugação, sem comprometer a pureza dos produtos obtidos. A eficiência dessa separação irá depender da tecnologia empregada nessa etapa e da eficiência do processo anterior, a transesterificação. Por vezes, é necessário deixar a mistura em repouso durante várias horas até que se formem duas fases com limites bem definidos e muitas vezes a separação é incompleta. Com o intuito de diminuir o tempo de repouso, pode reduzir-se a intensidade de agitação após a reacção começar a ocorrer ou proceder à neutralização da mistura antes da separação de fases, porque um pH próximo de 7 torna a separação das fases mais rápida (VAN GERPEN, et al., 2004).

A fase mais pesada é composta de glicerina bruta, de pelo menos  $1,05 \text{ g/cm}^3$ , embebida de excessos de álcool, de água e de impurezas associadas à matéria-prima. A fase menos densa é formada por uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos, consoante a natureza do álcool usado (Figura 2.5), aproximadamente  $0,88 \text{ g/cm}^3$ . Estas densidades são variáveis, dependendo da matéria-prima que lhes deu origem e do grau de contaminação que apresentam, sobretudo por metanol, catalisador e sabão (VAN GERPEN, et al., 2004).

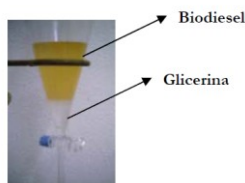


Figura 2.5 - Decantação dos produtos da reacção de transesterificação, o biodiesel (A) e a glicerina (B) (FELIZARDO, 2003).

A reacção de transesterificação decorre na presença de excesso de álcool, assim, na fase menos densa existe também o álcool excedente. Se esta quantidade de álcool for muito elevada, pode reduzir a taxa de separação, visto que conduz a um aumento de solubilidade do biodiesel na glicerina, e vice-versa, dificultando o processo de separação (Meher, et al., 2006). É ainda de referir que a presença de quantidades elevadas de mono, di e triglicerídeos pode levar à formação de uma emulsão entre o biodiesel e a glicerina, o que para além de dificultar o processo de separação, constitui uma perda de produto (Meher, et al., 2006). O mecanismo usado na separação de ambas as fases deve permitir a remoção dos ésteres e glicerina, de forma a assegurar a obtenção de um produto com elevada pureza.

#### ➤ Recuperação do Álcool

A fase mais densa, constituída por água, álcool e glicerina, é submetida a um processo de evaporação, cujos vapores resultantes são, de seguida, liquefeitos num condensador. Do mesmo modo, o álcool é recuperado da fase menos densa da mistura de ésteres. Após a recuperação do álcool, este ainda contém quantidades significativas de água, tendo que ser sujeito a uma segunda destilação.

A desidratação do metanol por destilação é um processo simples e fácil de concretizar visto que a volatilidade relativa dos constituintes da mistura é muito elevada e, para além disso, o metanol não dispõe de afinidade com água, facilitando assim o processo de separação. Por sua vez, a desidratação do etanol revela-se mais complexa, dado que é um reagente que tem afinidade com a água e não apresenta uma volatilidade relativa tão acentuada quanto o metanol.

#### ➤ Purificação dos Ésteres

Uma reacção química, como a reacção de transesterificação, dificilmente é completa e, por isso, os produtos obtidos apresentarão na sua composição, resíduos de reagentes e produtos intermediários, se existentes. Deste modo, o biodiesel deverá apresentar inúmeros contaminantes, designadamente triglicerídeos e metanol (reagentes), catalisador, mono e diglicerídeos (produtos intermediários), sabão (produto de reacções colaterais), glicerol (subproduto), entre outros (FELIZARDO, 2003). Tendo em conta que essas impurezas podem ser prejudiciais ao funcionamento dos motores, os ésteres deverão ser submetidos a um processo de purificação de forma a permitir a remoção de contaminantes. Além disso, e de modo a cumprir-se a legislação (a Norma Europeia EN 14214), os ésteres metílicos devem apresentar, no mínimo, 96,5% em massa da composição do biodiesel.

O processo frequentemente utilizado na purificação do biodiesel é a lavagem húmida. A **lavagem húmida** tem como princípio a adição de água ao biodiesel, na qual se dissolverão sabões, resíduos polares, como a glicerina e o metanol, sais e outros agentes contaminantes (Knothe, et al., 2008). A adição de água pode ou não ser acompanhada de agitação, devendo esta ser gradual. A água de lavagem é depois decantada. Num processo laboratorial, este passo deverá ser repetido, cerca de três lavagens consecutivas, até que a água recolhida possua um aspecto límpido (Figura 2.6).

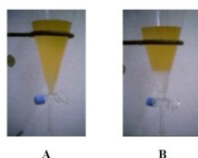


Figura 2.6 - Lavagem do biodiesel antes (A) e depois (B) da decantação (FELIZARDO, 2003).

A utilização de água morna (50 a 60°C) impede a precipitação de ésteres saturados de ácidos gordos e, em simultâneo, com uma agitação suave, atrasa a formação de emulsões (VAN GERPEN, et al., 2004). De modo a promover a neutralização do biodiesel, a segunda lavagem pode ser realizada substituindo a água por uma solução ácida de ácido clorídrico ou, por exemplo, de ácido fosfórico. O ácido reage com os vestígios de catalisador formando um sal que é facilmente removido da fase de biodiesel por ser solúvel em água (FELIZARDO, 2003).

Existem também referências bibliográficas que sugerem a realização desta etapa de neutralização antes do processo de lavagem (Figura 2.7), visto que assim se reduziria a quantidade de água necessária e se minimizava o potencial para a formação de emulsões pela adição da água de lavagem (Knothe, et al., 2008).

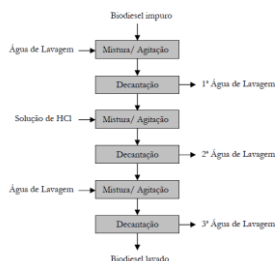


Figura 2.7 - Representação do processo de lavagem (FELIZARDO, 2003)

Há várias técnicas de lavagem húmida utilizadas por produtores domésticos de biodiesel: “mix washing”, “mist washing” e “bubble washing”. Estes métodos diferem essencialmente no método de adição da água ao biodiesel e, conseqüentemente, na forma como a eliminação dos contaminantes é promovida.

O **método “mix washing”** baseia-se na lavagem do biodiesel recorrendo à agitação mecânica. Assim, o biodiesel é directamente adicionado à água e a mistura é agitada recorrendo a um agitador (HILL, 2008). Esta agitação permite que os contaminantes se dissolvam na água, sendo depois eliminados por decantação. Este método é o mais simples, contudo, devido à intensidade da agitação aumenta a probabilidade da formação de emulsões.

O **método “mist washing”** consiste em pulverizar o biodiesel com água, que devido à sua maior densidade, tende a deslocar-se por gravidade através do biodiesel. Este procedimento não exige agitação, o que minimiza a formação de emulsões e conseqüentemente facilita a decantação da água



de lavagem. As desvantagens deste método consistem no facto de necessitar de uma maior quantidade de água para as lavagens e no facto de ser muito moroso (HILL, 2008).

O método **“bubble washing”** baseia-se na promoção da agitação da lavagem recorrendo a pequenas bolhas de ar. Para tal, adiciona-se água de lavagem ao biodiesel e, após a sua deposição no fundo do tanque de lavagem, procede-se ao seu arejamento de modo a que as bolhas de ar, ao emergir, estejam envoltas por uma película de água que lava o biodiesel. Ao alcançar a superfície, as bolhas de ar dissipam-se libertando a água e as substâncias nela dissolvidas que voltam a emergir, devido à sua menor densidade, permitindo uma nova lavagem. A maior vantagem deste método corresponde ao facto de existirem duas lavagens consecutivas, uma durante a ascensão e outra durante a descida da água. No entanto, este método tem a desvantagem de acelerar a degradação do biodiesel, uma vez que o arejamento promove a sua oxidação pelo maior contacto com oxigénio (HILL, 2008).

Tal como já foi referido, a Norma Europeia EN 14214 estabelece 500 mg/kg como limite máximo para a quantidade de água e sedimentos do biodiesel. Como tal, uma vez que a lavagem húmida implica a adição de água ao biodiesel é necessário que exista uma fase de secagem que suceda a lavagem. A secagem pode realizar-se por aquecimento do biodiesel a vácuo ou por adição de um agente secante.

Na **secagem por aquecimento**, o biodiesel após a lavagem é aquecido, lentamente e com agitação, até à temperatura de 60°C, durante o tempo necessário à evaporação de toda a água. A secagem por aquecimento pode também ser realizada a vácuo, em que uma unidade de destilação é sujeita a pressões reduzidas, de modo a que a água evapore a temperaturas muito mais baixas.

Neste processo deve ter-se o cuidado de evitar o escurecimento do biocombustível, uma vez que esta alteração de cor reflecte a ocorrência de polimerização e oxidação dos ésteres metílicos (FELIZARDO, 2003).

A **secagem por adição de um agente secante** é um método idêntico ao utilizado para a remoção de água no pré-tratamento da matéria-prima. Como tal, consiste em adicionar ao biodiesel sulfato de magnésio anidro ou sulfato de sódio anidro, por exemplo, que depois é removido por filtração (FELIZARDO, 2003).

A lavagem húmida, para além de exigir um processo de secagem, ao qual estão associados custos de operação e tempo, tem também como desvantagem o consumo de água, que se trata de um bem escasso e cujo consumo deve ser reduzido. Outra desvantagem é o efluente quimicamente contaminado, a água de lavagem, que este método origina.

Além da lavagem húmida, existem outros processos na purificação do biodiesel, dos quais se destaca a lavagem seca. A lavagem seca é realizada adicionando ao biodiesel Magnesol, um silicato de magnésio sintético com características adsorventes, desenvolvido para purificar o biodiesel, sem qualquer adição de água. Posteriormente, procede-se à agitação da mistura durante um período de tempo entre cinco e dez minutos. Durante a agitação, o silicato do magnésio, com uma forte afinidade para compostos polares, adsorve resíduos de metanol, glicerina, mono e diglicerídeos, e ainda contaminantes de metais alcalinos, ácidos gordos livres e sabão. Estes materiais são posteriormente



removidos do processo por filtração, que deve ser realizada a vácuo, utilizando filtros com porosidade de 1 micron.

É de referir que o Magnesol só deve ser utilizado depois do processo de separação da glicerina. Sendo um composto polar, a glicerina, seria adsorvida pelo silicato de magnésio, comprometendo o processo quer por reduzir a sua eficiência, quer por exigir uma maior quantidade de adsorvente.

O uso deste método em detrimento da lavagem húmida tem como vantagem o facto de evitar a formação de emulsões e todos problemas a elas associados, para além de permitir obter um produto de maior qualidade e mais estável à oxidação, e de não implicar a utilização de água.

Sobretudo para as entidades produtoras de biodiesel à escala industrial é importante encontrar medidas que tornem o processo de produção de biodiesel o mais económico possível. Deste modo, procura-se encontrar um mercado para a massa residual resultante do processo de filtração, de modo a traduzir-se noutra vantagem da lavagem seca.

Porém, este método não tem só vantagens. O Magnesol é caro e, apesar do método não necessitar de recorrer a água, origina um resíduo que tem de sofrer tratamento e/ou valorização, para que o processo seja ambientalmente correcto.

Após a purificação dos ésteres resulta finalmente o biodiesel, o qual deverá ter as suas características enquadradas nas especificações das normas técnicas estabelecidas para o biodiesel como combustível para uso em motores do ciclo diesel. Independentemente do processo utilizado, após a lavagem, o biodiesel deve apresentar um pH próximo de 7 e não deve possuir resíduos de metanol, de glicerina e de NaOH.

O biodiesel obtido a partir do processo de transesterificação apresenta propriedades semelhantes às propriedades do gasóleo, tal como se verifica na (Tabela 2.9).

Tabela 2.9 - Características do gasóleo e do biodiesel de óleo alimentar usado (ALMEIDA NETO, et al., 2003)

CARACTERÍSTICAS	GASÓLEO	BIODIESEL
Densidade a 15°C (kg/m <sup>3</sup> )	0,849	0,888
Ponto inicial de destilação (°C)	189	307
10%	220	319
20%	234	328
50%	263	333
70%	286	335
80%	299	337
90%	317	340
Ponto final de destilação (°C)	349	342
Aromáticos (% v/v)	31,5	ND
Carbono (%)	86,0	77,4
Hidrogénio (%)	13,4	12,0
Oxigénio (%)	0,0	11,2

Enxofre (%)	0,3	0,03
Índice de cetano	46,2	50,8
Valor calórico (MJ/kg)	42,30	37,50

#### 2.4.5.4. Glicerina – Subproduto da produção de Biodiesel

Uma vez que o principal subproduto da reacção de transesterificação é a glicerina, procurou-se fazer uma breve descrição sobre a importância e aplicações para a glicerina. Geralmente, o termo glicerol aplica-se ao composto puro 1,2,3-propanotriol, enquanto que a designação de glicerina se refere aos produtos comerciais que contenham 95%, ou mais, de glicerol na sua composição. O glicerol é líquido à temperatura ambiente

(25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (WIKIPÉDIA, 2010).

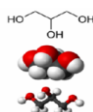


Figura 2.8 - Molécula de glicerol ( $C_3H_5(OH)_3$ )

O glicerol encontra-se presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal na sua forma combinada, ou seja, ligado a ácidos gordos tais como o ácido esteárico, oleico, palmítico e láurico para formar a molécula de triacilglicerol, sendo um intermediário importante no metabolismo dos seres vivos (WIKIPÉDIA, 2010).

Até 1949 todo o glicerol era obtido a partir de glicerídeos existentes em gorduras e óleos. Actualmente, apesar da maioria do glicerol continuar a provir de glicerídeos (cerca de 70% nos EUA), há já uma boa parte oriunda da fabricação de propileno e de açúcar. Com a descoberta destas novas vias de produção de glicerol, a produção de glicerina sintética aumentou, atingindo um máximo (60% da produção) em 1965. O mercado de volumes e preços oscilou muito na última década, devido ao aumento significativo da oferta face à procura, originando quedas no preço da glicerina na ordem dos 50%, nos anos 90 (NBB, 2008). Depois de fortes oscilações naquela década, o mercado para a glicerina voltou a crescer. Em 2000, a produção mundial de glicerol foi de 800 mil Mg, sendo que 10% disto foram oriundos de indústrias responsáveis pela produção de Biodiesel (Europa e EUA).

#### ➤ Purificação e armazenamento da glicerina

A glicerina pode ser obtida como subproduto da reacção de transesterificação e pode ser usada para a produção de sabão, biocombustíveis, ácidos gordos, álcoois de ácidos gordos, entre outros.

A glicerina produzida na reacção de transesterificação encontra-se contaminada principalmente por mono e diglicerídeos, sabão, metanol, água e catalisador. Contudo, pode ser comercializada, bastando para tal passar por uma neutralização ácida. Se não existir escoamento para a glicerina tal qual ela é recuperada do processo de produção de biodiesel, ou se não for economicamente atractiva a sua venda, pode ser necessário proceder à sua purificação, pois a glicerina purificada apresenta uma maior aceitação por parte das entidades comerciais. O processo de purificação da glicerina envolve a recuperação dos sais presentes nesta para posterior utilização como fertilizantes, e a

recuperação do álcool e da água por evaporação, de forma a produzir uma glicerina com 80 a 88% de glicerol.

Em seguida, a glicerina pode ser sujeita a uma nova etapa, a refinação, de modo a que sejam cumpridas as rígidas especificações impostas para a sua utilização em alimentos, embalagens de alimentos, produtos farmacêuticos ou na cosmética. A refinação da glicerina é geralmente realizada através de uma destilação a vácuo, seguida por um tratamento em carvão activado (FELIZARDO, 2003). A aplicação deste método permite obter dois produtos: o primeiro, denominado comercialmente de glicerina destilada, apresenta-se límpido e transparente; o segundo, denominado por glicerina residual, apresenta na sua composição cerca de 10 a 15% de massa de glicerina bruta, que ainda apresenta características relevantes para possíveis aplicações, como a sua queima para a produção de energia.

No entanto, em alguns casos é possível alcançar o grau de pureza suficiente através da utilização de resinas de permuta iónica (resinas catiónicas e aniónicas), com menor consumo de energia e com maior simplicidade de operação.

O método de permuta iónica consiste na passagem de uma substância pré-filtrada por sucessivos leitos de resina. As unidades de permuta iónica funcionam com eficiência para soluções diluídas que apresentem 20 a 40% de glicerina na sua composição. Com a passagem deste produto através do leito de resinas, é possível eliminar os ácidos gordos livres, a cor, o odor e outras impurezas minerais existentes. Posteriormente, a solução purificada de glicerina passa por uma evaporação, de modo a permitir a obtenção de uma glicerina com uma pureza superior a 99%. Por fim, a glicerina sofre uma descoloração final, pela passagem através de carvão activado, sucedida por uma filtração. Este produto final apresenta qualidade para ser utilizado na indústria farmacêutica (Silva, 2003). O grau de purificação da glicerina depende da sua aplicação e dos requisitos estabelecidos, nomeadamente, a quantidade de glicerol que deve conter na sua composição.

A glicerina pode ser comercializada na sua forma bruta (glicerina natural), com ou sem purificação, existindo dois tipos no mercado: um que impõe uma especificação de 80% de glicerol, enquanto o outro especifica 88 a 91%. No que se refere à glicerina purificada, esta é classificada em glicerina técnica (99,5% de glicerol) ou em farmacêutica (86% ou 99,5% de glicerol) (FELIZARDO, 2003). Embora o glicerol e as soluções de glicerol sejam inertes a muitos tipos de materiais que podem ser usados para o seu armazenamento, é necessário ter cuidados especiais nas operações que envolvem o seu refino. A presença de hidróxido de sódio (soda cáustica) residual da reacção de produção do sabão (geralmente pela saponificação), pode conferir à glicerina crua uma certa basicidade. Também podem ser encontrados vestígios de ácidos gordos, oriundos da hidrólise das gorduras durante o seu processo de formação e separação, que ocasionam problemas relacionados à corrosão nos tanques utilizados para o seu armazenamento. Sendo assim, é necessário que os condensadores utilizados sejam galvanizados e os concentradores finais do processo de desionização e equipamentos de purificação sejam feitos de aço de baixo peso ou de alumínio. O glicerol pode reagir com o ferro ou compostos ferrosos para formar complexos fortemente coloridos, reforçando a necessidade de se utilizar materiais adequados para a produção de glicerina com alto grau de pureza.

A higroscopicidade do glicerol é algo que se deve ter em conta na construção de tanques de armazenamento, pois esta propriedade permite-lhe absorver a humidade da atmosfera. Para impedir que isso ocorra, os tanques devem ser fechados com a presença de um agente dessecante. Como alternativa, o tanque pode ser armazenado sob pressão positiva, utilizando um gás inerte e seco.

Porém, é necessário algum cuidado com este composto, pois pode apresentar risco de explosão em contacto com alguns agentes oxidantes, tais como o trióxido de crómio, o clorato de potássio e o permanganato de potássio.

### ➤ Aplicações da glicerina

Devido às propriedades físicas e químicas da glicerina, como o facto de ser não tóxica, incolor, inodora e de se apresentar como solvente de muitos compostos orgânicos e inorgânicos, apresenta uma vasta possibilidade de aplicações e torna-se bastante atractiva em termos industriais.

Assim, a glicerina é largamente utilizada na indústria farmacêutica, cosmética, alimentar, entre outras. O glicerol é actualmente um dos ingredientes mais utilizados na indústria farmacêutica na composição de cápsulas, supositórios, anestésicos, xaropes e emolientes para cremes e pomadas, antibióticos e anti-sépticos.

O glicerol é largamente usado na indústria cosmética para a produção de sabonetes, cremes dentais para conferir brilho e suavidade, e cremes hidratantes, maquilhagem, desodorizantes, amaciadores e loções que mantêm a maciez, o brilho, suavidade e humidade da pele. A nível alimentar, o glicerol é reconhecido como seguro para o consumo humano desde 1959, podendo ser utilizado em diversos produtos alimentícios para os mais diversos propósitos.

Vários estudos mostraram que uma grande quantidade de glicerol (sintético ou natural) pode ser administrada sem aparecimento de qualquer efeito adverso à saúde, uma vez que quando presente em alimentos, ele é facilmente digerido como se fosse um hidrato de carbono. Para se ter uma ideia, uma colher de chá de glicerol tem aproximadamente 27 kcal e tem um poder adoçante equivalente a 60% da sacarose (açúcar de cana). Como aditivo alimentar, ele é reconhecido como E422, pertencendo à classe dos espessantes, estabilizadores, gelificantes e emulsionantes, sendo usado para conservar bebidas e alimentos (WIKIPÉDIA, 2010).

Todas estas aplicações utilizam hoje principalmente sorbitol. É possível que o glicerol venha a tomar parte dos mercados de sorbitol, se os preços caírem nos próximos anos em função da superprodução, com o biodiesel. Se o glicerol tiver um grande crescimento de oferta com redução de preços em função da produção de biodiesel, e grande parte do mercado de sorbitol for substituído por glicerol nas aplicações de drogas, cosméticos e outros, teríamos uma nova procura de glicerol estimada em 300 mil Mg/ano. Outro mercado muito importante, e exclusivo, que provavelmente se vai desenvolver com a maior oferta de glicerol, é a aplicação deste para a síntese de moléculas de alto valor agregado, como o propanodiol, a partir de fermentação do glicerol para uso em plásticos.

A glicerina é triálcool e pode ser transformada em etanol via processos químicos, porém para já, esse processo ainda é economicamente inviável. Relativamente a outras possíveis aplicações do glicerol, referem-se como exemplos a produção de tabaco (a fim de tornar as fibras mais resistentes e evitar quebras, e é empregado na composição dos filtros de cigarros e como veículo de aromas); na

indústria têxtil para amaciar e aumentar a flexibilidade das fibras; na indústria de papel, na fabricação de alguns papéis especiais que necessitam de alguns agentes plastificantes para conferir-lhes maleabilidade e tenacidade; utilizado como lubrificantes em máquinas processadoras de alimentos, em misturas anticongelantes, na fabricação de tintas, vernizes e resinas, na produção de ésteres, poliglicerois, clorohidrinás e para preservar bactérias a temperaturas baixas.

#### **2.4.6. Custos e Unidades de Produção**

##### **2.4.6.1. Unidades/Sistemas de produção de biodiesel**

O biodiesel pode substituir o diesel em todas as suas aplicações, pelo que o seu mercado é praticamente infinito, tendo em conta que este é o combustível mais consumido no mundo todo.

Assim, o mercado consumidor de biodiesel pode dividir-se em três grupos, para consumo próprio, mercado interno e mercado para exportação, que serão atendidos por três grupos de unidades de produção de biodiesel, pequenas/domésticas, médias ou grandes/industriais, que variam consoante a capacidade produtiva e a complexidade de operação.

As indústrias que comercializam equipamentos para a produção de biodiesel quer para unidades domésticas, médias ou para industriais, dispõem de diversos tipos de unidades que diferem na capacidade de processamento, no tipo de componentes do sistema, no investimento inicial que se pretende fazer, entre outros aspectos. Os aspectos a ter em conta dependem das condições pretendidas, nomeadamente relacionadas com o grau de pureza do biodiesel produzido, o tempo de reacção, a recuperação ou não do álcool, a recuperação e purificação da glicerina, entre outros. Para melhor compreensão e constatação da diversidade de processadores, com características distintas, existentes no mercado, elencam-se de seguida alguns exemplos de unidades domésticas e industriais.

##### **➤ Unidades Domésticas**

As unidades domésticas têm como objectivo atender às necessidades dos pequenos produtores, possuindo capacidades até cerca de 2.000 l/dia. Deste modo devem ser simples e económicas, mesmo que isso implique um rendimento ligeiramente menor. Apesar da recuperação do álcool e da glicerina se revelar viável neste tipo de unidades, raramente é implementada, pois os equipamentos utilizados nestes processos aumentam consideravelmente os custos iniciais, de tal forma que algumas unidades poderiam custar o dobro. Portanto, antes de se optar por uma unidade de pequena capacidade deve realizar-se uma análise dos custos de produção, dado que a quantidade de glicerina produzida é relativamente pequena, pelo que os equipamentos necessários à sua recuperação e destilação permanecem, grande parte do tempo, ociosos.

As pequenas unidades são montadas apenas para produção de biodiesel para consumo próprio, apresentando um custo de produção de biodiesel mais alto (devido ao impacto do custo fixo nessa produção que para grandes produções é pouco significativo) e também porque o lucro no mercado de combustíveis é baixo, tornando-as pouco atractivas para a comercialização, mas extremamente interessante para consumo próprio.

**Legenda:**

- 1) Suporte metálico
- 2) Tanque de reacção
- 3) Bomba eléctrica
- 4) Pannel de controlo da bomba
- 5) Válvulas

- 6) Reservatórios
- 7) Suporte para os reservatórios
- 8) Agulheta para abastecimento
- 9) Tubagem de transporte do biodiesel até à agulheta
- 10) Unidade de filtração



Figura 2.9 - Unidade doméstica de produção de biodiesel

Por cada operação, este processador tem capacidade de produzir aproximadamente 380 L de biodiesel. O tempo de reacção é de 1 hora e 30 minutos, contudo, o processo de lavagem de biodiesel (lavagem húmida pelo método “mist washing”) pode durar entre 10 a 20 horas. Quanto aos materiais que constituem o sistema, o tanque de reacção é de polietileno de média densidade, o suporte metálico é feito em aço soldado e as tubagens são essencialmente de PVC. Relativamente às suas dimensões, o processador apresenta 0,91 m de largura, 1,83 m de altura e pesa aproximadamente 90 kg.

➤ **Unidades Médias**

Existem condições no mercado para atender a todas as faixas de produção de biodiesel, desde o menor produtor (pequenas unidades) até aquele que pretende ser líder no mercado de exportação de biodiesel (grandes unidades). Neste contexto, e numa fase intermédia, existem também as unidades médias, que para o mercado de combustíveis ainda são pequenas, mas para a realidade do biodiesel são atractivas e são a maioria do sector industrial. Estas unidades poderão ter parte da sua produção para consumo próprio e outra parte para a comercialização, sendo o seu grande foco, o mercado interno.

➤ **Unidades Industriais**

Para o mercado de exportação são necessárias grandes unidades de produção, facilitando assim o transporte marítimo desse combustível, que exige grandes volumes para ser competitivo.

Deste modo, nas unidades industriais de produção de biodiesel, ao contrário das domésticas, privilegia-se a eficiência do equipamento, sendo utilizados equipamentos sofisticados e de última geração, como centrífugas, secadores e sistemas contínuos de recuperação de álcool e de purificação do biodiesel e da glicerina. O objectivo é obter o maior rendimento possível.

As centrífugas permitem uma separação rápida de dois líquidos com densidades diferentes, nomeadamente dos produtos da reacção (separação da glicerina do biodiesel) e nas etapas de lavagem (separação do biodiesel da água). Alternativa a essa centrífuga é o processo de separação por decantação, que além de demorar horas para apresentar uma separação eficiente, ainda resulta em aproximadamente 5% de perda de eficiência no processo por uma separação mal feita, mesmo que a decantação seja por dias.

Com a centrífuga, o processo é muito eficiente, contribuindo para um aumento do grau de pureza do biodiesel recolhido. Porém, a utilização dessa tecnologia para a produção de biodiesel permite apenas grandes unidades de produção, sendo o mínimo possível de ser produzido em unidades contínuas de 700 l/h de biodiesel. Porém, também existem tecnologias mistas, consideradas tecnologias semi-contínuas. Com esta opção, se se optar por um mínimo de tecnologia numa produção pequena, poderá obter-se vantagens no uso da centrífuga na etapa mais crítica e lenta do processo, a separação biodiesel/glicerina. Assim, com essa tecnologia mista, pode obter-se com eficiência e qualidade uma produção de 210 l/h (ou 5.000 l/dia). Para os produtores que pretendem uma produção ainda menor, visando somente o consumo próprio, estes podem optar por equipamentos para a produção de biodiesel por batelada, tecnologia inferior, que apresenta algumas perdas de rendimento no processo, mas que pode ser extremamente interessante financeiramente para propriedades rurais ou empresas de transporte.

A recuperação do álcool utilizado em excesso é efectuada em unidades contínuas de destilação para a remoção de resíduos de água do biodiesel. Por sua vez, os secadores são usados para promover a recuperação do álcool usado em excesso e também para a remoção de resíduos de água existentes no biodiesel. Estes aparelhos proporcionam uma perda mínima de biodiesel na etapa de purificação e a obtenção de um biodiesel de alta qualidade. Devido às dimensões destes sistemas, o custo acrescentado pelas unidades de recuperação de álcool e de purificação da glicerina não representam um valor significativo no preço final da unidade, mas assumem especial relevância ao nível dos custos de produção do biodiesel. Como possuem uma grande capacidade de produção, o investimento inicial é rapidamente compensado pela redução dos custos de operação (recuperação do álcool) e pelos ganhos resultantes da venda da glicerina. Uma outra característica destas unidades é o facto de serem automatizadas, o que permite o controlo de todo o mecanismo de produção, facilitando a operação do sistema e reduzindo os custos em recursos humanos.

Neste contexto, ambos os equipamentos referidos anteriormente proporcionam um aumento de produtividade, não pelo ganho de escala, mas essencialmente ao elevado rendimento de conversão do processo de transesterificação.

A capacidade de processamento das unidades industriais de produção de biodiesel depende da quantidade de matéria-prima disponível e da rapidez com que se pretende obter o retorno do investimento. Existem unidades cujo tamanho pode variar entre 1.200 l/dia e 24.000 l/dia de capacidade de produção.

As unidades industriais representadas em baixo mostram dois casos de entre as várias possibilidades de unidades para a produção de biodiesel. A unidade apresentada na Figura 2.10 é constituída por três reactores, dois com capacidade de 200 L e um com capacidade de 800 L. Este sistema consegue produzir 1.200 l/dia de biodiesel pelo processo de transesterificação metílica ou etílica a partir de óleos residuais, borras, óleos vegetais, escuma de esgoto e gordura animal. Por sua vez, a unidade apresentada na Figura 2.11 corresponde a um sistema formado por um reactor contínuo de 3.500 L e um tanque de mistura de metóxido de 1.000 L. A unidade produz 2.500 L de biodiesel por cada 8 horas (Maurício, 2008).





Figura 2.10 – Exemplo de unidade industrial de produção de biodiesel com 3 reactores (1.200 l/dia)



Figura 2.11 – Exemplo de unidade industrial de produção de biodiesel com reactor em contínuo com 3.500 L

O sistema presente na Figura 2.11 apresenta algumas vantagens em termos operacionais e estruturais, nomeadamente associadas à economia de espaço, tempo de processamento muito rápido, fácil operacionalidade e montagem dado o número reduzido de válvulas, tanques e bombas. A maior parte do processo está adaptada à purificação do biodiesel produzido, de forma a garantir um produto com um elevado grau de pureza, no tanque de mistura ocorre a incorporação do agente catalisador com o metanol e o álcool. O tanque de mistura é adaptado a um sistema de recuperação, proporcionando a sua recirculação parcial e, por conseguinte, uma redução dos custos operacionais. O tanque de mistura de metanol com 500 L de capacidade Figura 2.12 possui um sistema que permite verificar se o hidróxido de potássio (agente catalisador usado) se encontra totalmente dissolvido no metanol, exercendo-se assim um grande controlo sobre o mecanismo de mistura do agente catalisador e o álcool (Maurício, 2008)



Figura 2.12 - Tanque de mistura de metanol e hidróxido de potássio

Duas vantagens dos sistemas de produção de biodiesel a referir é o facto de a laboração ser silenciosa e não terem nenhum tipo de efluentes (líquidos, sólidos ou gasosos). Todo o processo de laboração é em circuito fechado, de modo que não há emissões que causem risco. Os equipamentos são totalmente modulares, podendo a qualquer momento expandir-se a unidade para que se consiga iniciar a produção de biodiesel. Deste modo, parte-se inicialmente de um investimento mínimo e, mais tarde, adquirem-se outros módulos que conferirão maior rendimento e, consequentemente, maior rentabilidade à produção.

Por norma, os sistemas de produção de biodiesel são desenvolvidos utilizando como processo de produção a transesterificação. Deste modo, apesar da enorme diversidade de processadores disponíveis, é comum apresentarem uma constituição idêntica. Geralmente, um sistema de produção de biodiesel comum é constituído pelos seguintes elementos (Figura 2.13):

- Tanques de armazenamento da matéria-prima (óleo) e dos reagentes (álcool);

- Tanque de mistura (álcool + catalisador);
- Tanque de reacção;
- Tanque de lavagem do biodiesel;
- Separação da glicerina;
- Purificação do éster metílico (biodiesel) e da glicerina;
- Recuperação do álcool (metanol);
- Tanques de armazenamento de biodiesel e glicerina;
- Unidade de filtração, sistema de vácuo, condensadores, permutadores de calor, caldeira de fluido térmico, torre de arrefecimento;
- Instalações eléctricas e sistema de automatização do processo.

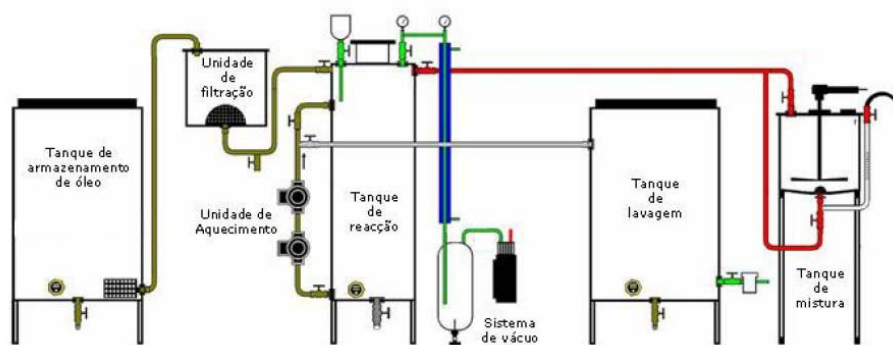


Figura 2.13 - Representação esquemática de um exemplo de uma unidade comum de produção de biodiesel (adaptado de Neto, 2003)

O princípio de funcionamento de uma unidade como a representada na Figura 2.13 é relativamente simples. O óleo é armazenado no tanque de mistura e passa pela unidade de filtração antes de entrar no tanque de reacção, onde é aquecido até a temperatura de reacção. Entretanto, no tanque de mistura, o catalisador é dissolvido no álcool e a solução resultante é encaminhada para o tanque de reacção. Após o final desta, a glicerina é recolhida e o biodiesel é enviado para o tanque de lavagem. Por fim, o biodiesel é recolhido do tanque de lavagem e armazenado.

#### 2.4.6.2. Custos de Produção de Biodiesel

A eficaz introdução dos biocombustíveis no mercado só é possível caso estes tenham uma disponibilidade generalizada e sejam competitivos, pelo que deverá ser acompanhada de medidas de promoção, incluindo isenções fiscais, ajuda financeira à indústria transformadora ou imposição de percentagens mínimas obrigatórias de incorporação (DL N.º 62/2006).

O grande obstáculo à comercialização do biodiesel é o custo associado à sua produção. Actualmente, os custos da matéria-prima, quando se trata de óleo vegetal puro, e os custos de produção fazem com que o preço de venda do biodiesel seja muito alto (Maurício, 2008).

Porém, o custo de produção do biodiesel pode ser reduzido com o aumento da escala de produção, em função, da redução do preço de aquisição do metanol (ou etanol) e com a contribuição da recuperação da glicerina, um produto valioso em termos comerciais. Tendo em conta uma produção em média escala (cerca de 9 000 l/dia de biodiesel), os custos de produção para o biodiesel foram

estimados em 0,24 € e 0,44 €, utilizando-se OAU e óleo vegetal *in natura* como matéria-prima, respectivamente (Maurício, 2008). Atendendo a cada uma das parcelas intervenientes nos custos de produção, verifica-se que para o óleo *in natura*, a matéria-prima representa a maior parcela no custo. Por sua vez, o metanol (ou etanol) representa a fracção mais significativa na composição dos custos variáveis, quando são usados OAU como matéria-prima (Figura 2.14).

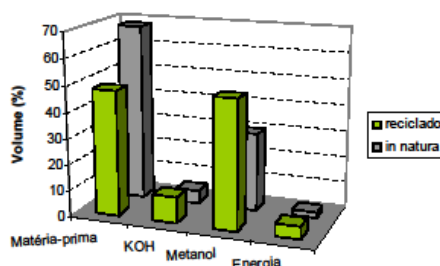


Figura 2.14 - Composição dos custos variáveis do biodiesel produzido a partir de OAU e de óleos vegetais *in natura* (Neto, 2003)

Os custos do biodiesel podem ser no entanto reduzidos, por via da comercialização da glicerina. Porém, além da matéria-prima usada no processo de produção de biodiesel, existem outros factores que têm que ser incluídos na análise de custos de produção do biodiesel, nomeadamente os custos de investimento a nível das instalações de produção que, por sua vez, se encontram dependentes da tecnologia utilizada (normalmente proporcional à dimensão da unidade de produção). Quando se estuda a viabilidade económica da produção de biodiesel deve considerar-se o retorno do investimento para o produtor. Neste aspecto, para uma produção de biodiesel em pequena escala, o investimento é baixo e o seu retorno é relativamente lento, dado o rendimento insatisfatório da reacção e o funcionamento diário parcial da unidade, o que consequentemente se reflecte nos custos de biodiesel. Por sua vez, a aquisição de uma grande unidade de produção de biodiesel, traduz-se num investimento inicial muito superior, todavia poderá trazer um retorno financeiro a médio ou longo prazo extremamente positivo (Maurício, 2008).

## 2.5. OAU – Resíduo/Matéria-Prima

### 2.5.1. Enquadramento Geral

A revisão e elaboração de legislação, e a procura de novas alternativas de reciclagem surgem em socorro de um Ambiente que se pretende preservar, mas que geralmente é descurado (Silva, 2003). O Sector da Restauração e Bebidas, a Indústria e também os Consumidores, como produtores domésticos, terão que assumir as suas responsabilidades através da adopção de práticas correctas. Nessa perspectiva, os OAU, incluindo-se na tipologia de resíduos que é geralmente proveniente das mais diversas origens (actividades domésticas, industriais, etc.), constituem um fluxo transversal que deve obedecer a uma gestão global independentemente dessa mesma origem. Actualmente, existe a percepção de que a maioria da produção dos OAU em Portugal tem como destino principal os sistemas de esgotos, solução que, como é óbvio, não é adequada ao nível

ambiental (FELIZARDO, 2003), tendo sido no entanto dados alguns passos nos últimos anos no sentido de estabelecer um sistema de gestão adequado para este “fluxo emergente”.

Assim, o crescente interesse neste fluxo de resíduo, maximizado pelas oportunidades relativas à sua utilização para produção de biocombustível e mais concretamente de Biodiesel (criadas com a já referenciada Directiva 2003/30/CE de 8 de Maio de 2003) veio a favorecer por um lado, como já vimos, o aparecimento de contentorização de rua destinada à sua deposição por parte da população em geral, e por outro, a proliferação de empresas que a nível nacional recolhem actualmente, a título gratuito, este resíduo, sobretudo com origem no canal HORECA para posteriormente o venderem (normalmente exportando-o) como matéria-prima destinada maioritariamente à produção de biodiesel.

### 2.5.2. Obtenção de OAU

Os óleos vegetais usados representam uma categoria de subprodutos/resíduos provenientes de diversas actividades e com diferentes origens, resultando na maioria dos casos da actividade de fritura de alimentos de:

- Actividades domésticas (óleos de cozinha usados na confecção dos alimentos, como por exemplo, a fritura de salgados, etc.);
- Actividades industriais destacando-se as de preparação e conservação de alimentos prontos para consumo (por exemplo, fabrico de batatas fritas em pacote);
- Estabelecimentos do sector de serviços que abrangem os hotéis, restaurantes, cafés, cantinas, refeitórios, entre outros.

A utilização de óleos vegetais em frituras produz uma quantidade significativa de OAU, possuindo estes, produtos de degradação e matérias externas, que alteram as suas características originais, nomeadamente (QUERCUS, 2006):

- Partículas em suspensão (pão ralado, ovo, peles, restos de batatas, etc.);
- Compostos polinsaturados formados pela alteração da composição química devido ao aquecimento acima dos 180°C (se o aquecimento do óleo for efectuado a elevadas temperaturas e por um longo período de tempo, os produtos fritos com esse óleo podem ser prejudiciais à saúde). Quando o aquecimento é demasiado intenso (nomeadamente acima dos 250°C), o óleo começa a queimar apresentando fumos, fuligem e cinzas em suspensão que lhe conferem uma cor escura (pode variar entre o castanho-escuro e o vermelho) e um cheiro diferente. Estas partículas podem ser também prejudiciais para a saúde humana com características cancerígenas.

Por motivos económicos o uso de óleos de origem vegetal em frituras decorre frequentemente de modo contínuo e repetido (sobretudo a nível industrial) essencialmente pela falta de legislação que determine a troca do óleo usado num determinado período de tempo. Este facto leva a que ocorram inúmeras alterações (químicas, para além das físicas, já citadas) das características do óleo original, resultantes de reacções hidrolíticas, oxidativas e de polimerização, promovidas sobretudo pelas elevadas temperaturas a que é sujeito.

Assim, dependendo de factores como a quantidade de sal presente, as temperaturas de fritura, o tempo de exposição à luz, ao oxigénio e ao aquecimento, a resistência do óleo à fritura decresce de cada vez que o óleo é reutilizado.

Deste modo é conveniente que não haja a mistura de diferentes tipos de óleo a serem reciclados e que se evite o contacto com materiais de ferro ou de cobre. O óleo usado resultante apresenta características bastante distintas da do óleo original quer física quer quimicamente. Apesar das diferentes características, análises efectuadas aos OAU revelaram que, na maior parte dos casos, o aquecimento e a filtração são suficientes para remover partículas em suspensão, obtendo uma matéria-prima que pode ser utilizada em processos de produção de sabão ou para uma utilização mais nobre, usada como fonte de energia, de onde se destaca a produção de biocombustíveis e em particular de biodiesel (QUERCUS, 2006).

### 2.5.3. Sectores de Produção

O óleo alimentar usado, resultante da confecção de alimentos por fritura, pode ter, como já vimos, três origens principais: doméstica, quando é produzido em nossas casas, industrial, quando é produzido no sector industrial de confecção de produtos alimentares, e os estabelecimentos do sector HORECA que incluem a restauração, hotelaria, cafetaria, *catering*, cantinas e refeitórios.

#### ➤ Sector Doméstico

Ao nível do sector doméstico e sempre que se tratem de produções diárias até 1100 l por produtor, é aos municípios que cabe a recolha dos OAU ou as entidades às quais estes tenham transmitido a responsabilidade pela sua gestão, devendo promover e gerir redes de recolha selectiva municipal de OAU.

As redes de recolha em apreço devem assim respeitar, no mínimo, os seguintes limiares:

Tabela 2.10 – Limiares para disponibilização de pontos de recolha de OAU segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro

Por cada município	Até 31 de Dezembro de 2011	Até 31 de Dezembro de 2015
	Número de pontos de recolha	
>300 000 hab.	40	80
>150 000 hab.	30	60
>50 000 hab.	20	30
>25 000 hab.	10	15
<25 000 hab.	8	12

#### ➤ Sector Industrial

Os produtores de OAU do sector industrial são responsáveis pelo seu encaminhamento para um dos seguintes destinos:

- a) Operador de gestão de resíduos devidamente licenciado (sem custos para o produtor ou detentor);
- b) Município respectivo, com o qual tenha celebrado acordos voluntários para o efeito, através dos pontos de recolha previamente indicados pelo mesmo.

Englobados neste sector destacam-se algumas associações como a ANCIPA - Associação Nacional de Comerciantes e Industriais de Produtos Alimentares (constituída em 1975 e contando com um total de aproximadamente 600 associados) e a FIOVDE - Federação das Industrias de Óleos Vegetais, Derivados e Equiparados que engloba a APOGOM - Associação Portuguesa de Óleos e Gorduras Vegetais, Margarinas e Derivados, e a AIMGA – Associação dos Industriais de Margarinas e Gorduras Alimentares.

Segundo a ANCIPA, os Comerciantes e Industriais de produtos alimentares com relevância no fluxo de óleo alimentar produzido a nível nacional, estão incluídos no sector da Panificação e Pastelaria, com um total de aproximadamente 200 associados e no sector de aperitivos e batata frita, estes últimos com a maior fatia da produção em termos quantitativos, apesar de em número, serem apenas 17 do total dos associados deste sector.

Os Retalhistas são representados pela APED – Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição engloba as empresas que desenvolvem uma actividade retalhista alimentar e/ou não alimentar, nomeadamente supermercados e hipermercados, desempenhando também assim um papel bastante importante neste fluxo, englobando um total de 43 empresas associadas, que possuem no seu conjunto 1120 lojas.

### ➤ Sector HORECA

No que concerne sector HORECA, os produtores de OAU, para além de terem que divulgar ao público o encaminhamento dos OAU produzidos mediante a afixação em local visível de um certificado de OAU, são responsáveis pelo seu encaminhamento para um dos seguintes destinos:

- a) Operador de gestão de resíduos devidamente licenciado, sem custos para o produtor ou detentor;
- b) Município respectivo, através dos pontos de recolha previamente indicados pelo mesmo.

Como associação de referência neste sector, destaca-se a ARESP - Associação de Restauração e Similares de Portugal, que representa as empresas da restauração e bebidas a nível nacional e tem um total de cerca de 25000 associados.

### 2.5.4. Potencial de Produção

Apesar de os primeiros estudos integrados sobre a temática dos OAU a nível nacional, serem ainda relativamente recentes para podermos apontar valores com um grau de fidedignidade rigoroso, existem no entanto, algumas estimativas de estudos pontuais publicados ou valores parciais aferidos pelas entidades e associações envolvidas neste fluxo de resíduo.

Segundo estimativas avançadas pela Quercus em 2003, com base em valores referenciados pela ADENE – Agência para a Energia, a produção total de OAU em Portugal rondaria as 125 000 Mg/ano. Para o sector da restauração, existem também estimativas da ARESP que se basearam na



quantidade média de óleo novo comprado por parte de 90.000 estabelecimentos abrangidos pelo canal HORECA, assumindo que 80% do óleo consumido é transformado em resíduo. Esta estimativa concluiu que seriam produzidas cerca de 51 667 Mg/ano por este sector (IPA, 2004)

Apesar das 125 000 Mg/ano ter sido um valor largamente divulgado pela Quercus, posteriormente a IPA, através do estudo realizado para o Ex-INR em 2004, intitulado “Linhas de Definição Estratégica do Sistema de Gestão de Óleos Alimentares Usados”, estimou valores substancialmente inferiores (Tabela 2.11) com base na capitação média em Mg por habitante a partir de dados do INE para o sector doméstico e canal HORECA e com base num trabalho de pesquisa realizado para o Centro de Conservação de Energia no quadro do NTB-NET – Non Technical Barriers (PINTO, 2000) para o sector industrial.

Tabela 2.11- Quantidade Estimada de Óleos Alimentares Vegetais consumidos e Óleos Alimentares Usados produzidos no território do Continente [Adaptado de (IPA, 2004)]

Região	População (hab.)	Consumo óleo novo (ton)	Produção de OAU (ton)
Norte	3687293	73340	33003
Centro	2348397	46710	21019
Lisboa	2661850	52944	23825
Alentejo	776585	15446	6951
Algarve	395218	7861	3537
Total	9869343	196301	88336

A partir das estatísticas do INE referentes aos balanços de aprovisionamento de gorduras e óleos vegetais brutos em Portugal para o último ano disponível (1998), em que se determina um consumo total de 22,1 kg de óleos alimentares por habitante do território nacional e com base no decréscimo estimado pela FIOVDE de 2 a 3% por ano, estimou-se uma capitação média para 2003 de 19,89 kg por habitante. Considerando os dados do recenseamento geral da população de 2001, estimou-se o consumo total nacional de 196 301 Mg/ano de óleo novo.

Assumindo que cerca de 40% deste óleo é incorporado nos alimentos e que 15% constituem perdas, fica-se com 45% para resíduo, obtendo-se um total de 88 336 Mg/ano para a produção nacional de OAU, conforme se apresenta na Tabela 2.11.

### 2.5.5. Avaliação qualitativa dos óleos alimentares na fritura de alimentos

A fritura de alimentos, na sua generalidade, por ser uma técnica culinária de execução simples e rápida, tem-se assumido como uma das mais utilizadas um pouco por todo o mundo, e Portugal, não é também neste capítulo, excepção.

Durante o aquecimento prolongado os mesmos sofrem uma série complexa de reacções, com a produção de muitos compostos de degradação, devidas à transformação pelo calor dos ácidos gordos insaturados, que modificam a sua qualidade (Figura 2.15) e são considerados tóxicos, podendo colocar em risco a saúde do consumidor (nomeadamente ao nível do coração e das artérias), podendo predispor o aparecimento de doenças malignas, tais como cancro do pulmão e do estômago.





Figura 2.15 - Transformação ocorrida no óleo de fritura

A formação destes compostos depende das condições de fritura, nomeadamente, da presença de água (que facilita a reacção).

Neste contexto, o governo português promulgou a Portaria 1135/95 de 15 de Setembro, que impede a comercialização de alimentos preparados em óleos que possuam uma quantidade de compostos polares superiores a 25%. Esta Portaria também refere que na preparação e fabrico de géneros alimentícios sujeitos a fritura, a temperatura da gordura ou do óleo não deverá ultrapassar 180°C. Assim, os fabricantes e vendedores de géneros alimentícios fritos deverão tomar as medidas necessárias para que na preparação desses alimentos se verifiquem as exigências previstas neste diploma. Torna-se assim necessário controlar, de uma forma rápida e fiável, a qualidade dos óleos de fritura, mesmo que estes não apresentem qualquer sinal de degradação.

#### 2.5.6. Vantagens e limitações como matéria-prima

A conversão dos resíduos de OA em biodiesel é, actualmente, uma realidade, não só por imposições comunitárias, mas porque traz vantagens do ponto de vista ambiental e apresenta a melhor relação preço-eficácia, em termos de recolha e recuperação (QUERCUS, 2006).

A valorização energética de OAU permite, não só criar melhores condições para um adequado escoamento destes resíduos, como também disponibilizar um combustível que, na sua utilização, apresenta vantagens, tanto a nível ambiental e energético, como a nível económico e social.

Tabela 2.12 -Vantagens e limitações da utilização de OAU [DL N.º 62/2006 e (QUERCUS, 2006)]

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uso de OAU para a produção de biodiesel é uma alternativa ecológica à sua eliminação, pois permite recuperar um resíduo que não tinha um destino final adequado;</li> <li>➤ Importante matéria-prima para a produção de um combustível renovável e alternativo ao gasóleo, reduzindo a dependência externa face aos combustíveis fósseis;</li> <li>➤ Resolve problemas provocados pela descarga nas ETAR, tais como o entupimento e corrosão de condutas;</li> <li>➤ Reduz a poluição ambiental associada à deposição inadequada de um resíduo alimentar;</li> <li>➤ Reduz a emissão de GEE, como o dióxido de carbono e compostos particulados;</li> <li>➤ Criação de postos de trabalho para a recolha de OAU e no processo de produção de biodiesel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Características físicas, químicas e organolépticas dos OAU;</li> <li>➤ Competição dos OAU com outros usos, ou seja, a possibilidade de incorporação na produção de rações, derivados gordos, lubrificantes, entre outros fins;</li> <li>➤ Custo de tratamento e disponibilidade.</li> </ul>

Dadas as significativas alterações sofridas pelos OA durante o seu uso revela-se conveniente uma caracterização prévia desses óleos, com o intuito de conhecer a dimensão dessas alterações e de caracterizar o óleo tendo em conta a sua utilização, dado que a qualidade do biodiesel produzido com este óleo está intimamente relacionada com as propriedades do mesmo.

Assim, ao utilizar os OAU como fonte de matéria-prima para a produção de biocombustível é fundamental ter em conta estes aspectos, uma vez que podem constituir uma limitação para a sua utilização. Consoante a origem do resíduo, a sua disponibilidade, qualidade e custo, os resíduos gordos podem ser caracterizados para a utilização como combustível, conforme a Tabela 2.13.

Tabela 2.13 - Principais tipos de resíduos gordos e a sua disponibilidade e qualidade para uso como combustível (ALMEIDA NETO, et al., 2003)

Óleo e gordura residual	Custo	Qualidade	Volume	Preparo/Tratamento para utilização como MP
Fritura comercial	0	+	++	+
Fritura doméstica	0	++	-	++
Fritura industrial	-	+	++	+
Matadouros	0	-	++	-
Tratamento de esgotos	++	--	+	--

**Legenda:** (++) Muito favorável; (+) favorável; (0) satisfatório; (-) desfavorável; (--) muito desfavorável.

De acordo com a classificação presente na Tabela 2.13, admite-se que os OAU provenientes do processamento doméstico são o tipo de resíduo que dispõem de uma maior qualidade e, por isso, o que exige menor preparo (tratamento) perante os restantes tipos de óleo. Contudo, é o doméstico que coloca mais problemas a nível de quantidade disponível. Tal sucede, uma vez que o principal problema ao nível da recolha doméstica é a sua rentabilização em termos económicos, o que provavelmente só será possível com a intervenção das autarquias, pois a matéria-prima em si não tem qualquer custo. O óleo proveniente de estabelecimentos comerciais é semelhante ao doméstico, contudo, a qualidade e o preparo são relativamente menores, e o volume recolhido ou passível de recolha é sem dúvida maior. Em contrapartida, os óleos usados provenientes do processamento em unidades industriais e associados a actividades de abatimento de animais, são o tipo de resíduo cuja quantidade disponível é maior e cuja qualidade e preparo se revela inferior. As gorduras provenientes do tratamento de esgotos, além de não possuírem qualidade para uso como combustível, exigem grande preparo, fazendo elevar o seu custo em comparação com as restantes fontes de matéria-prima.

### **2.5.7. Etapas para uma gestão sustentável dos OAU – Recolha, Armazenagem, Valorização e Eliminação da fracção residual**

Se, até então, a maioria da população eliminava os resíduos de OAU provenientes das frituras, via colector de águas residuais (esgotos), esta realidade, como seria desejável, começou a alterar-se (Silva, 2003).

Apesar de ao nível do Sector da Restauração e Bebidas, à excepção de eventuais posturas e regulamentos municipais sobre a matéria e das empresas licenciadas pelo Ministério da Indústria, não existir nenhuma obrigação legal relativamente à entrega controlada dos OAU, verifica-se que actualmente, muitas empresas recorrem a outras para a recolha e encaminhamento para reciclagem deste tipo de resíduos.

Segundo um estudo efectuado pela ARESP em 2003 ao sector de restauração, conclui-se que a maioria dos estabelecimentos, cerca de 89,6%, optava por recorrer a empresas de recolha, e somente 10,4% deitava o resíduo de OAU no esgoto.

Outro factor importante a considerar, e que é muitas vezes a causa da despreocupação da população com os benefícios ambientais da recolha e valorização dos OA, é o custo inerente a cada etapa. Tal facto demonstra-se preponderante na decisão das empresas quererem ou não dar um destino adequado aos seus resíduos. Como exemplo e referindo o mesmo estudo, das 89,6% das empresas que entregam os seus resíduos a empresas de recolha, apenas 1,3% paga por esse serviço, enquanto que 4,7% recebe uma determinada quantia em função dos litros de resíduo entregue, mas a maioria dos restaurantes (93%) não paga nem recebe por este serviço (Silva, 2003).

É de salientar que os empresários da restauração já demonstram ter uma preocupação com estas questões (72,1% da população inquirida no referido estudo), afirmando que conhecem o destino dos resíduos após a recolha. Da amostra inquirida e que afirmou conhecer o destino, 51,6% refere que os resíduos irão ser utilizados na produção de sabão, 32,3% cita que estes vão para reciclagem, não especificando o tipo, 9,7% menciona que os resíduos de OA são para a conversão em Biodiesel e os restantes 6,4% dos empresários diz que vão para outros destinos (Silva, 2003).

Um outro indicador de seriedade do processo e que possibilita haver um controle da quantidade de resíduo enviada para valorização é o preenchimento do Modelo A – Guia de Acompanhamento de Resíduos entregue ao empresário aquando da recolha. No mesmo estudo refere-se que a maioria dos empresários (95,3%) recebe este Modelo, contudo, existem ainda alguns (4,7%) que não recebem qualquer documento. Porém, devido ao aumento da preocupação ambiental e ao maior rigor da legislação a este nível, a situação actual alterou-se, sendo necessário efectuar o preenchimento do referido modelo sempre que algum resíduo deixe de estar na posse do produtor, devendo ser entregue a uma empresa licenciada para o efeito.

A Figura 2.16 apresenta o percurso do óleo alimentar, evidenciando as principais etapas do processo de produção, de recolha, de armazenagem de resíduos de óleos alimentares, as etapas de tratamento a que são sujeitos antes de serem encaminhados para posterior reciclagem e às possíveis aplicações em que podem resultar.

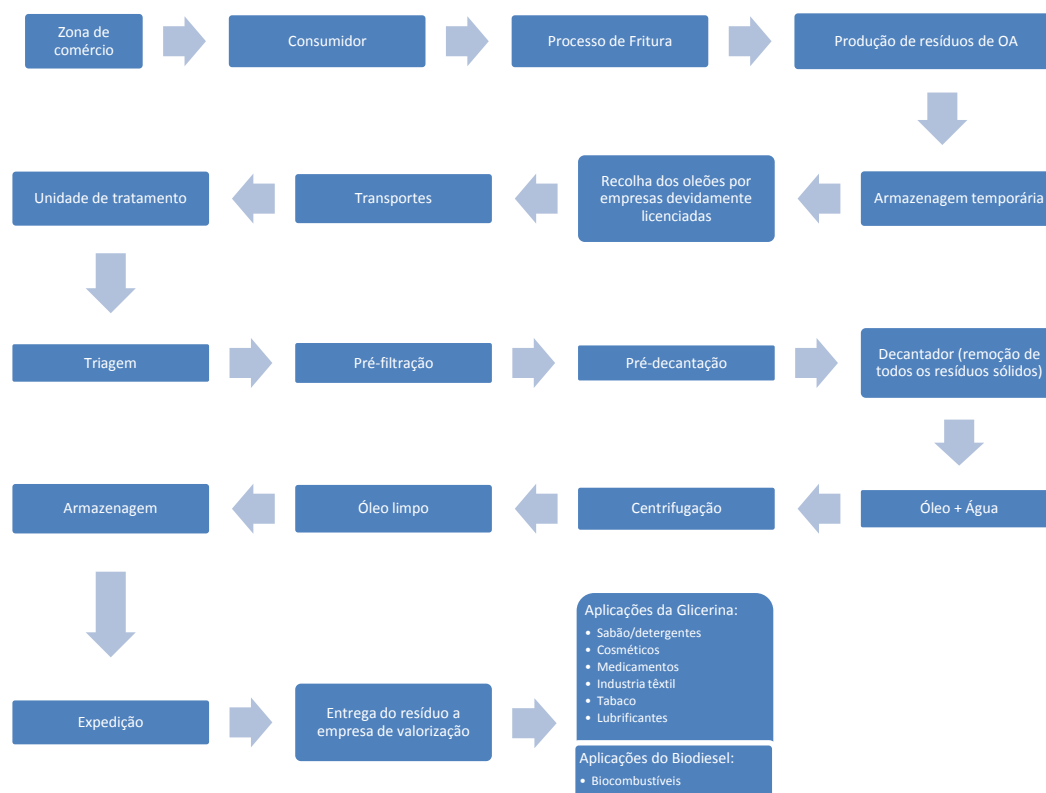


Figura 2.16 - Percurso esquemático dos óleos alimentares, desde a sua aquisição, processo de tratamento dos resíduos de óleo e as suas possíveis aplicações [adaptado de (OLEOTORRES, 2007)]

Como se pode observar pela Figura 2.16 são vários os intervenientes no processo, sendo importante reconhecer e perceber as competências de cada um deles em todo o percurso efectuado pelo óleo alimentar.

Inicialmente, o óleo alimentar é adquirido para a confecção dos alimentos que, após o seu uso, é considerado um resíduo. O consumidor ou detentor deste resíduo, que, segundo Decreto-Lei N.º 178/2006, de 5 de Setembro, é qualquer pessoa que tenha resíduos na sua posse, incluindo o produtor, armazena-o temporariamente, com o objectivo de recolher uma maior quantidade de óleo (Silva, 2003). O resíduo é, na maioria das vezes, proveniente de restaurantes, cantinas, hospitais, habitações e grandes produtores.

Independentemente da capacidade dos vasilhames utilizados para efectuar o armazenamento temporário dos OAU (que normalmente varia entre os 20 e os 50L), o importante é que estes recipientes estejam devidamente identificados como contendo resíduos de óleos alimentares a aguardar recolha, que sejam feitos em material apropriado para conter eventuais resíduos a altas temperaturas e que a boca do recipiente seja larga para facilitar a deposição (Silva, 2003).

Posteriormente, o produtor/detentor deve assegurar que o transportador e o destinatário dos resíduos (empresa responsável pela recolha e valorização do resíduo) estão autorizados para transporta-los e recebê-los.

A recolha é a operação de apanha de resíduos, com vista ao seu transporte. O serviço de recolha poderá realizar-se de uma forma regular, normalmente com uma frequência semanal ou quinzenal,

através de recipientes fornecidos pela empresa, recolhidos em estabelecimentos de serviços alimentares, como restaurantes, e de hotelaria, para posterior tratamento numa instalação própria. Sempre que se processa a operação de recolha destes resíduos, para cada recipiente cheio deverá ser fornecido ao produtor do resíduo um recipiente vazio e limpo, com a mesma capacidade. O sector doméstico é o mais problemático em termos de soluções de recolha, por diversas razões, entre as quais se destacam as suas particularidades e organização, inúmeras unidades familiares desagregadas, produções unitárias baixas e mistura de vários tipos de óleos e gorduras alimentares (de acordo com as preferências dos consumidores). Depois de recolhidos, estes óleos são conduzidos e transportados para uma instalação de armazenamento e reciclagem, onde serão tratados e valorizados.

O transporte, que basicamente consiste na operação de transferir os resíduos de um local para o outro, apenas pode ser realizado pelo produtor de resíduos ou detentor devidamente licenciado.

A valorização consiste em operações que visam o reaproveitamento dos resíduos, podendo ser efectuada pelas seguintes vias:

- a) Tratamento – Processos manuais, mecânicos, físicos, químicos ou biológicos, que alteram as características de resíduos, de forma a reduzir o seu volume ou perigosidade, bem como a facilitar a sua movimentação, valorização ou eliminação;
- b) Recuperação – Processo onde os óleos sofrem uma sedimentação, para a separação das águas das partículas sólidas seguida de uma filtração, para separar as partículas menores e absorção dos traços de humidade ainda remanescentes no óleo;
- c) Regeneração – Processo industrial para devolver aos óleos as suas qualidades originais, que permitam a sua utilização como óleo de base;
- d) Combustão ou incineração – Utilização dos óleos como combustível, com vista ao aproveitamento do calor produzido. É uma operação de destruição térmica com oxidação de compostos orgânicos.

Para o presente estudo, interessa abordar a recuperação dos resíduos de óleos alimentares para serem utilizados posteriormente em funções diferentes das que tinham inicialmente. Porém é fundamental que haja primeiramente uma remoção de impurezas e da água. Este facto é relevante uma vez que nem todo o lote de óleo alimentar usado recolhido pode ser efectivamente reaproveitado, visto que este pode conter algumas impurezas ou alguma quantidade de água, entre outras características, que inviabilizam a sua valorização para a totalidade da quantidade recolhida. As principais dificuldades detectadas na gestão deste tipo de resíduo poderão estar associadas, entre outros, à falta de sensibilização do produtor de resíduos (doméstico, comercial ou industrial) e à falta de fiscalização dos estabelecimentos produtores de resíduos. Deste modo, é extremamente importante apostar em campanhas de sensibilização que transmitam ao produtor do resíduo orientações sobre alguns cuidados a serem tomados, devendo adoptar boas práticas de fritura e a correcta separação e deposição dos OAU.

A sensibilização tem como finalidade informar o produtor sobre a importância e as vantagens da reciclagem deste tipo de resíduo na melhoria da qualidade do ambiente e da saúde pública. Fazendo

chegar esta informação junto dos produtores poderão evitar-se custos de transporte associados a lotes recolhidos que não são passíveis de ser recuperados na sua totalidade.

Regra geral, aquando da recepção dos resíduos, são recolhidas amostras para serem analisadas as características gerais e o grau de contaminação dos óleos usados, sendo posteriormente depositados numa cisterna com grande capacidade. Os resíduos nela contidos são pré-aquecidos, através de uma serpentina, até aos 80°C, sendo simultaneamente decantados. O filtrado resultante da decantação é posteriormente encaminhado para outros decantadores cónicos com serpentinas de água quente onde se atingem temperaturas de aproximadamente 90°C, para que seja efectuada novamente a sua decantação e desumidificação. De seguida, é transferido ainda para outro decantador para ser homogeneizado e estabilizado com antioxidantes. O processo de tratamento é finalizado com a transferência, segundo a sua classificação (acidez e índice de peróxidos), para tanques de Armazenamento.

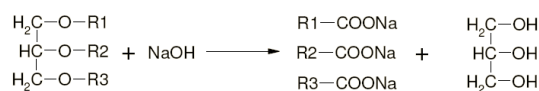
Após tratamento, o óleo recolhido é utilizado em diversas aplicações, como matéria-prima, consoante o fim a que se destina, para as indústrias químicas (como por exemplo, para a fabricação de lubrificantes, ceras, tintas, vernizes, sabões e sabonetes, combustíveis biodegradáveis, fertilizantes) e energéticas.

### 2.5.8. Aplicações

#### ➤ Produção de Sabão

Uma das actuais utilizações dos óleos usados é a sua incorporação como matéria-prima auxiliar na indústria de sabões. A principal vantagem deste tipo de utilização reside na poupança de matérias-primas virgens, com implicações óbvias económicas e ambientais. As principais desvantagens residem na necessidade de existir um adequado sistema de recolha e na forte dependência de práticas adequadas de reciclagem, isto porque o óleo recolhido deve apresentar-se “o mais puro possível”, ou seja, caso a fracção recolhida apresente um nível de humidade, acidez e impurezas, ou outras características que não garantam a sua qualidade para este tipo de utilização, o processo de reciclagem será mais dispendioso e demorado.

A reacção de produção de sabão envolve a transformação dos triglicéridos e dos ácidos gordos livres, numa mistura de sais de ácidos carboxílicos (o sabão) e de glicerol. De qualquer forma, a produção de ácidos gordos é um passo intermediário quando são utilizados triglicéridos no processo de saponificação. As reacções 1 e 2 utilizadas na produção de sabão, são as reacções de saponificação dos triglicéridos e de saponificação dos ácidos gordos livres, respectivamente (FELIZARDO, 2003) e (QUERCUS, 2006).



#### Reacção 1



#### Reacção 2

A produção de sabão é efectuada em duas fases. A primeira envolve a conversão dos lípidos em ácidos gordos livres conseguida através da ebulição com uma solução aquosa de hidróxido de sódio enquanto que na segunda se adiciona cloreto de sódio à mistura anterior para se conseguir fazer precipitar o sabão (sais de ácidos carboxílicos).

➤ *Utilização de óleos para rações*

Actualmente defende-se que a utilização de óleos alimentares usados para o fabrico de rações tem em Portugal, tal como noutros países europeus, deve ser também restringida. Os óleos alimentares que foram utilizados para fritar possuem na sua composição moléculas tóxicas, pelo que a sua incorporação nos constituintes das rações animais acarretam graves riscos para a saúde pública devido à entrada dessas moléculas na cadeia alimentar (FELIZARDO, 2003) e (QUERCUS, 2006).

## **2.6. Considerações sobre as principais iniciativas**

Pese embora não seja passível de se incluir no âmbito da presente tese, sob pena de a tornar excessivamente extensa e dispersa, uma descrição exaustiva sobre as principais iniciativas em território nacional até agora desenvolvidas e/ou em curso no que à valorização de OAU para produção de Biodiesel concerne, efectuou-se no decurso do presente trabalho um levantamento das principais actividades e iniciativas de âmbito local desenvolvidas em particular ao nível municipal, cujas notas sucintas e considerações caracterizadoras do rumo até agora seguido sobre esta temática em Portugal, se apresentam resumidamente na ANEXO II

Da pesquisa e análise efectuada, quer a nível internacional como a nível nacional, a maioria dos projectos sobre recolha e tratamento de OAU têm surgido de parcerias ou co-financiamento de Programas da Comissão Europeia, contudo, ao contrário do que seria de esperar, por norma, a maioria destas iniciativas inicialmente surgiram apenas no âmbito da *Mobilidade Sustentável* ou no contexto de incentivos ao uso de Energias Renováveis, e só mais recentemente no âmbito também da Gestão de Resíduos.

Assim, a título de exemplo, destacam-se de forma resumida alguns dos principais estudos e projectos que têm, sobretudo no sector doméstico, sido desenvolvidos a nível municipal (implementados quer por Agências de Energia, quer por Câmaras Municipais e Juntas de Freguesia, quer por vezes até pelos próprios Sistema Municipais e Multimunicipais) – (vide ANEXO II



### 3. Caracterização do potencial de produção de Biodiesel a partir de OAU à escala municipal e análise ambiental, energética e económica da sua utilização em frotas urbanas – *Estudo de Caso – Concelho de Mafra*

#### 3.1. Breve Caracterização Territorial e Demográfica do *Estudo de Caso*

O Concelho de Mafra, situado na orla ocidental do País e integrado na periferia da Área Metropolitana de Lisboa (Figura 3.1), possui uma área geográfica de cerca de 291 Km<sup>2</sup> e é constituído por um total de 17 freguesias confrontando-se com os concelhos de Torres Vedras, Sobral de Monte Agraço, Arruda dos Vinhos, Loures e Sintra.

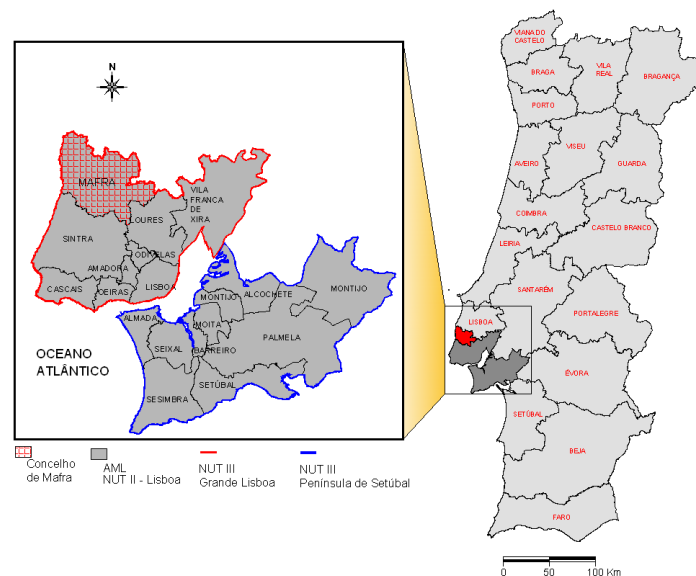


Figura 3.1 – Mapa esquemático da situação geográfica do concelho de Mafra (CMM, 2008)

Em termos populacionais, e reportando aos dados reais censitários, o concelho registou um crescimento na ordem dos 24,3% entre 1991 e 2001:



Esta evolução populacional representa assim no período em apreço (9 anos e 11 meses - 9,92 anos) um crescimento de aproximadamente 2,45% por ano, o que se traduz por um ritmo de crescimento aritmético, onde:

$$a = [(54358 - 43731) / (43731 \times 9,92)] \leftrightarrow a = 0,0245 \leftrightarrow a = 2,45\%$$

$$a = [(P_n - P_0) / (P_0 n)]$$

Actualmente, com base nas estimativas pós censitárias do INE, sabe-se, no que concerne à evolução populacional até ao ano de 2008 que, para o concelho de Mafra eram estimados 70.867 habitantes. Para estimar o número de habitantes para o corrente ano, adoptou-se, procurando obter resultados tão fidedignos quanto possível, para os dois anos subsequentes a taxa média efectiva de crescimento (2,45%) verificada na última década com resultados reais conhecidos de 1991 a 2001 (evolução aritmética).

Tabela 3.1 – Estimativa de evolução populacional no concelho de Mafra

Anos	Estimativas Populacionais Pós-Censitárias do INE								Estimativa com base na Taxa verificada de 1991 a 2001	
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
N.º de Habitantes (HM Residentes)	54358	57547	59798	62009	64217	66453	68709	70867	72603	74382
Taxa de crescimento anual		5,87%	3,91%	3,70%	3,56%	3,48%	3,39%	3,14%	2,45%	2,45%
Variação anual			-1,96%	-0,21%	-0,14%	-0,08%	-0,09%	-0,25%	-0,69%	0,00%

Desta forma, conforme consta da Tabela 3.1 é possível com algum rigor, estimar em 74.382 o número de habitantes actualmente existentes no concelho de Mafra, o que representa um crescimento de aproximadamente 36,8% desde os últimos Censos em 2001.

### 3.2. Avaliação do potencial de produção de OAU e caracterização da Situação de Referência actual ao nível da recolha

#### 3.2.1. Caracterização do potencial de produção de OAU

A nível nacional, como já abordado anteriormente, à excepção de iniciativas isoladas e pontuais, os dados conhecidos ao nível das capitações de OAU são normalmente apresentados de uma forma global, abrangendo os vários sectores de produção, designadamente o Doméstico e o HORECA, visto que o Industrial é muito pouco representativo no universo de produção de OAU (em média, menos de 1% total).

Por se tratar no entanto, de uma informação fundamental para a concepção de um qualquer estudo em torno da produção de biodiesel a partir de OAU, na medida em que se trata de avaliar/estimar o potencial de produção da "matéria-prima" de base, optou-se por, relativamente ao caso em apreço estimar o seu potencial de produção, dissociando ambos os sectores e entrando em linha de conta, com os respectivos dados estatísticos conhecidos/obtidos aplicáveis em cada caso.

#### ➤ Sector Doméstico

No que concerne ao sector doméstico, em consonância com as estimativas nacionais [(IPA, 2004), ponto 2.5.4 - Potencial de Produção] é possível, a partir da premissa de que 45% do óleo alimentar consumido é resíduo, obter um valor na ordem das 88 336 Mg de OAU produzidos anualmente por um universo de 9 869 343 habitantes (englobando todos os sectores de actividades). Assumindo que este valor, incorpora uma percentagem correspondente à fracção doméstica na ordem dos 54% e conhecendo-se a densidade do OAU (0,92kg/l) obtém-se o valor de 5,3l/ano que corresponde assim à captação média nacional de OAU produzidos anualmente no sector doméstico.

Desta forma, considerando a estimativa de 74.382 habitantes (ponto 3.1 Breve Caracterização Territorial e Demográfica do *Estudo de Caso*), pode-se assim com base nos valores anteriormente

determinados, avaliar o potencial de produção de OAU para o sector doméstico do concelho de Mafra em 364 Mg/ano.

### ➤ Sector Empresarial

Relativamente ao potencial de produção de OAU para além do sector Doméstico, destaca-se o já referenciado canal HORECA a par com algumas entidades (escolas e outras com confecção alimentar) e sectores empresariais (fábricas de batatas fritas, etc.) que, pela sua natureza ou área de actuação acabam também por produzir OAU, em quantidades muitas vezes nada desprezáveis.

Desta forma, na tentativa de estimar com o máximo rigor possível o seu potencial de produção, procurou-se avaliar na área de estudo em apreço, o universo de produtores de OAU existentes através de dois métodos distintos que se auto-validassem, caso os quantitativos obtidos fossem da mesma ordem de grandeza:

- Primeiramente, junto de empresas que realizam a recolha de OAU provenientes dos vários sectores de produção na área em estudo, procurou-se obter dados relativos ao universo de recolha, tendo-se apurado a existência de um total de 261 alegados produtores (pontos de recolha), dos quais, por motivos associados sobretudo à enorme volatilidade de alguns sectores (cessação de pequenos estabelecimentos de restauração, por vezes até relacionada com alguma sazonalidade), uma parte estimada em menos de 20%, expectavelmente associada a produções mais reduzidas, poderá por isso, não representar uma potencial fonte efectiva de produção de OAU de modo permanente;
- Paralela e cumulativamente, recorreu-se a dados provenientes de um exaustivo trabalho de gabinete, que incluiu a obtenção de um conjunto de bases de dados com diferentes proveniências e abrangendo todos os sectores com entidades potencialmente produtoras de OAU, na área do concelho. Em concreto, foram reunidas, analisadas e tratadas listagens e elementos cartográficos com informações dos estabelecimentos registados no sistema VERDORECA (gerido pela Sociedade Ponto Verde S.A.), das IPSS existentes no concelho (da responsabilidade da Segurança Social), dos estabelecimentos de restauração e/ou bebidas (com confecção alimentar) licenciados na C.M. de Mafra, dos estabelecimentos de ensino (também com confecção) existentes no concelho e outras entidades licenciadas na C.M. de Mafra que pela sua natureza ou área de actuação pudessem também ser produtoras de OAU.

Este trabalho permitiu seleccionar um universo de estabelecimentos na área em estudo (no qual estavam incluídos os 261 pontos de recolha referenciados no ponto anterior), e, sobre o qual, através da realização de inquéritos individualizados a cada um deles se concluiu existirem actualmente (Agosto de 2010) um conjunto de 213 produtores efectivos de OAU, com uma capitação média de aproximadamente 2,6l/dia por estabelecimento.

A partir do número de estabelecimentos produtores de OAU apurado, e, com base quer nas estimativas médias nacionais [(IPA, 2004), ponto 2.5.4 - Potencial de Produção], que indicam uma média diária de produção de aproximadamente 2kg de OAU por dia para o sector não doméstico,

quer com base nos valores apurados junto de cada produtor auscultado, que permitiram determinar uma captação média de 2,6 l/dia por estabelecimento, é possível avaliar o potencial de produção de OAU para o sector não doméstico do concelho de Mafra, num intervalo que varia entre as 155 e as 186 Mg/ano, e que, geograficamente se distribuem de acordo com a seguinte Figura 3.2) que, para uma melhor visualização a esta escala representa também espacialmente as respectivas entidades produtoras, associadas em manchas de intervalos médios de produção por localidade.

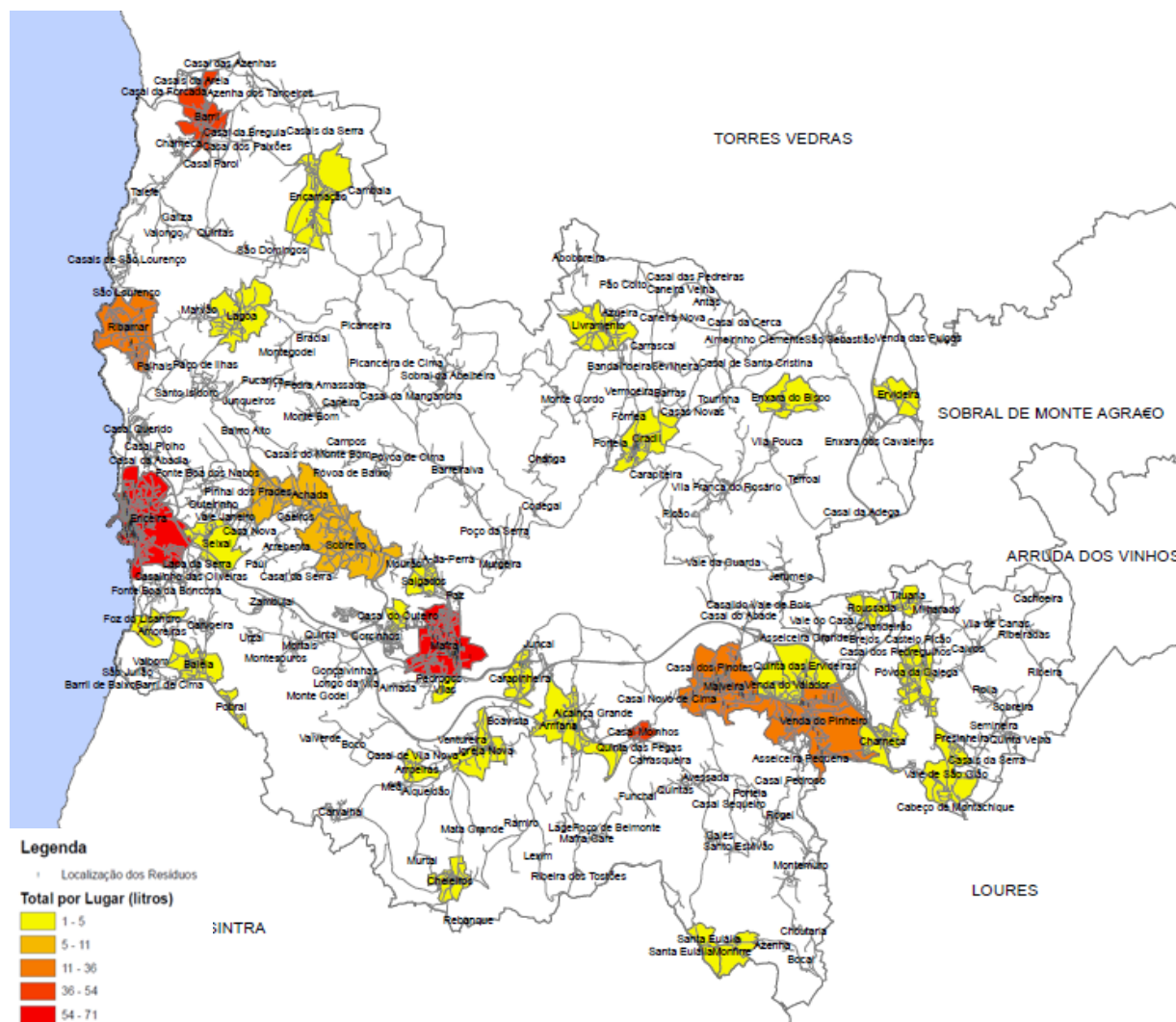


Figura 3.2 – Distribuição espacial de produtores (não domésticos) de OAU por intervalo médio de produção

Da análise deste mapa, obtido por modelação em ambiente SIG a partir da base de dados sustentada nos resultados dos inquéritos individualizados realizados a cada um dos potenciais produtores de OAU apurados na área geográfica em estudo, é possível de uma forma directa e facilmente perceptível visualizar uma predominância quantitativa de produtores ao longo ao longo das principais povoações costeiras e do designado “eixo central” do concelho (Venda do Pinheiro, Malveira, Mafra e Ericeira) factor que por si só contribui fortemente para a viabilização económica da valorização dos

OAU ao nível da recolha na medida em que o número e dispersão dos seus pontos de produção variam de forma inversamente proporcional aos respectivos custos de recolha.

### 3.2.2. Rede de recolha actual de OAU

Tendo em conta que na prática, no que diz respeito ao Sector Empresarial, a rede de recolha (*porta-a-porta*) coincide na sua maioria com a distribuição espacial correspondente ao seu potencial de produção, e cuja representação geográfica, a esta escala, não é passível de ser apresentada de outra forma que não seja por manchas de produção (Figura 3.2) importa agora analisar, no que respeita à rede de recolha, a restante fracção correspondente ao Sector Doméstico.

#### ➤ Sector Doméstico

Assim, no que concerne ao sector doméstico, para além dos pontos de recolha autónomos que começam agora a surgir nas grandes superfícies comerciais, actualmente a recolha é feita maioritariamente por recurso a oleões de rua que perfazem um total de 46 unidades instaladas estrategicamente (normalmente junto a ecopontos com grande afluência) com capacidades unitárias que variam entre os 250 e os 500L, o que, pese embora seja o suficiente para cumprir as metas e objectivos constantes do Decreto-Lei n.º 266/2009 de 29 de Setembro, representa ainda, à excepção da freguesia da Ericeira que conta já com um significativo número destes equipamentos, uma densidade claramente reduzida face ao território concelhio e à sua dispersão populacional.

A maior parte destes oleões (28) foi instalada ao abrigo de um protocolo de cooperação entre a Associação de Freguesias de Mafra, a SIMTEJO (que, na óptica do investimento para redução do volume de óleos que aflui às ETAR do concelho, financiou parte dos equipamentos instalados inicialmente) e a Biological que assegura a sua recolha, enquanto que os restantes 18 foram instalados pela Junta de Freguesia da Ericeira um pouco por todo o território da freguesia, sendo que em termos de distribuição geográfica, o conjunto total de oleões se distribuem de acordo com a seguinte Figura 3.3).

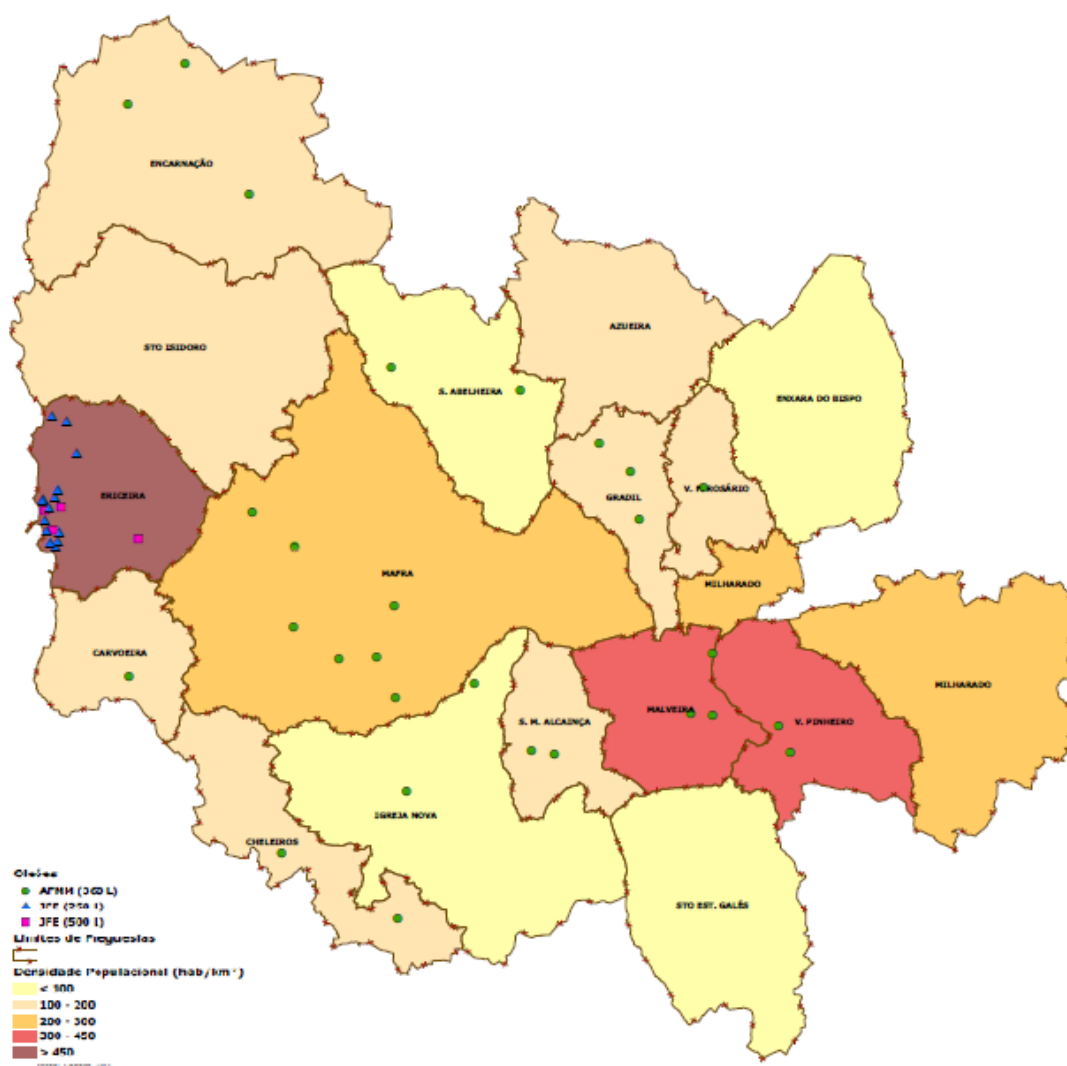


Figura 3.3 - Distribuição espacial de oleões de rua por graduação da densidade populacional

Expectavelmente, é possível também por observação directa do mapa anterior (obtido por modelação em ambiente SIG a partir da sobreposição da base dados da população residente por freguesia ao levantamento georreferenciado de oleões actualmente instalados na via pública, na área geográfica em estudo), verificar que a maioria destes equipamentos se encontra localizada no já referenciado eixo da Venda do Pinheiro, Malveira, Mafra e Ericeira que basicamente corresponde ao conjunto de freguesias com maior densidade populacional do concelho de Mafra.

Paralelamente, é ainda facilmente constatável que, à excepção da freguesia da Ericeira (que, como já foi referenciado conta com um significativo número de oleões de rua) existe ainda uma clara margem de manobra no que respeita à expansão da actual rede de oleões de rua, não só ao nível das freguesias já abrangidas por estes equipamentos (que em muitos casos ainda possuem localidades de dimensão significativa não abrangidas), mas sobretudo ao nível das freguesias cujas sedes não dispõem ainda deste tipo de contentorização de rua, sendo de referir a este respeito que, à data de elaboração do presente trabalho, se aguardava a disponibilização/entrega de 16 novos oleões de rua (de 360L), destinados a promover o reforço do respectivo parque de contentorização, por parte da Associação de Freguesias de Mafra, nomeadamente nas áreas ainda não abrangidas.

### 3.2.3. Quantitativos recolhidos

No que diz respeito às quantidades recolhidas, também neste domínio os rácios de recolha por sector diferem significativamente entre si, verificando-se que actualmente, quer em termos percentuais, quer em termos absolutos, o Sector Doméstico se encontra muito mais sub-explorado do que o Sector Empresarial.

#### ➤ Sector Doméstico

Relativamente aos quantitativos recolhidos ao nível do sector doméstico, através da rede de oleões caracterizada no ponto anterior, actualmente, embora com forte tendência e margem de e para crescimento, representa apenas uma pequena parte dos OAU recolhidos no território concelhio em consideração.

De facto, os cerca de 6.000L actualmente recolhidos por ano, representam menos de 5% do total de cerca de 130.000L recolhidos globalmente entre o sector doméstico e empresarial.

No entanto, se forem tidos em consideração os limiares de produção de OAU já anteriormente estimados (3.2.1- Caracterização do potencial de produção de OAU – Sector *Doméstico*) verifica-se que o potencial de crescimento neste sector é enorme, e que os quantitativos recolhidos não vão para já além dos cerca dos 1,5% do seu potencial.

#### ➤ Sector Empresarial

Já no que concerne ao sector não doméstico, o panorama inverte-se. Independentemente do cenário de produção considerado, cujo intervalo se estima que varie aproximadamente entre os 169.000L e os 203.000L, (*Vide* ponto 3.2.1- Caracterização do potencial de produção de OAU – Sector *Empresarial*), verifica-se que actualmente os quantitativos recolhidos (por empresas particulares), cerca de 125.000L, representam cerca de 62 a 74%, respectivamente do seu limiar máximo e mínimo de produção.

Esta realidade, com potenciais de produção de OAU inferiores e recolhas para já, muito mais representativas, é assim, claramente inversa à do sector doméstico, facto que se traduz também por isso, numa evidente margem de expansão também ela mais reduzida.

## 3.3. Análise Energética, Ambiental e Económica da utilização de Biodiesel vs. Gasóleo na frota municipal

### 3.3.1. Caracterização da frota em estudo e determinação Energética do consumo estimado de Biodiesel a partir do dispêndio actual de Gasóleo

Actualmente a frota municipal mantém-se com o mesmo número de viaturas que a compunha em 2009 (último ano com dados completos, relativos às distâncias percorridas e consumos efectuados), 85 movidas a diesel, incluindo ligeiros e pesados, conforme consta da Tabela ANEXO I.1.



Tendo em conta que no ano transacto o consumo anual da frota municipal foi de 194.796 L, se não fossem consideradas as diferenças de Poder Calorífico quer do gasóleo, quer das distintas misturas de biodiesel e fossem tidos em conta numa relação directa apenas os consumos médios da frota municipal e as necessidades de OAU em função da sua % de incorporação no biodiesel, a recolha bimensal (em bidões de 30 a 50L) dos estabelecimentos do sector não doméstico geraria (se tivermos em linha de conta o limiar máximo expectável de produção de OAU, cerca de 203.000L) uma quantidade de biodiesel suficiente para o abastecimento de toda a frota municipal independentemente da mistura de biodiesel que considerarmos ( $B_5$ ,  $B_{20}$  ou  $B_{100}$ ), verificando-se o mesmo para o  $B_5$  ou  $B_{20}$  se, também para o sector não doméstico, tivermos em linha de conta o limiar mínimo expectável de produção de OAU ( $\approx 169.000L$ ), sendo necessário proceder ao reajuste do plano de recolha e armazenagem caso a utilização, neste cenário, fosse direccionada para o  $B_{100}$ .

No entanto, tendo em conta que existem significativas diferenças de Poder Calorífico quer entre o gasóleo, quer entre as próprias misturas de biodiesel (variando em função do grau de adição de OAU), a determinação das hipotéticas variações de consumo devem ser analisadas através do seu balanço energético.

Desta forma, partindo-se do actual consumo de gasóleo conhecido da frota municipal (194.796 L), e da respectiva distância percorrida (1.167.817 km), obteve-se um valor médio anual de 15,4 l/100km, que juntamente com a sua densidade (a 25 °C) de 0,83 kg/l e o seu Poder Calorífico de 45,098 MJ/kg, permitiu, pela aplicação da fórmula seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Consumo [l/100km] frota} \times \text{densidade gasóleo [kg/l]} \times \text{Poder Calorífico gasóleo [MJ/kg]} \\ = \text{Consumo [MJ/100km] gasóleo} \end{aligned}$$

fixar o consumo energético da frota municipal em cerca de 580 MJ/100km.

Em relação às misturas de biodiesel analisadas, assumindo-se que as eficiências do processo de combustão são semelhantes, o método utilizado para determinar o novo consumo foi aplicado partindo do princípio que a energia consumida para percorrer os mesmos 100km tinha de ser idêntica à utilizada com o combustível convencional (o veículo tem de percorrer a mesma distância).

Assim, partindo do consumo em MJ/100km, é possível, tendo em conta a fórmula anterior, determinar o novo consumo médio (l/100km), com base nos respectivos valores de Poder Calorífico (PC) e densidades de cada tipo de mistura ( $B_5$ ,  $B_{20}$  e  $B_{100}$ ) previamente obtidos (Milán, et al., 2010).

Subsequentemente, multiplicando cada um dos anteriores factores de consumo médios determinados (l/100km) para cada mistura de biodiesel, calculou-se a partir do número de km efectuados pela frota municipal no ano anterior os respectivos consumos totais de biocombustível necessários utilizar em cada caso (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Variação de consumos de Biodiesel versus Gasóleo

	TIPO DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO	CONSUMO MÉDIO (L/100 km)	COMBUSTÍVEL NECESSÁRIO (L) PARA PERCORRER 1.167.817 km (Total de km efectuado pela Frota Municipal em 2009)	AUMENTO DA % DE CONSUMO DE BIODIESEL EM RELAÇÃO AO GASÓLEO
Real	Gasóleo	15,4	194 796	
Calculado	Biodiesel (B <sub>5</sub> )	16,7	195 191	0,2%
	Biodiesel (B <sub>20</sub> )	17,0	198 468	1,9%
	Biodiesel (B <sub>100</sub> )	17,9	208 684	7,1%

Da Tabela 3.2 podemos concluir que a substituição do combustível actualmente utilizado na frota municipal (gasóleo), pelo B<sub>5</sub>, implicaria um aumento de 395L, enquanto que pelo B<sub>20</sub> representaria um acréscimo de 3672L, passando para 13 888L caso a substituição fosse pelo B<sub>100</sub>.

Cruzando estes quantitativos com o potencial de produção de OAU anteriormente determinado (3.2.1 Caracterização do potencial de produção de OAU), verifica-se assim que, se considerarmos a totalidade do potencial de produção de OAU gerados na área em estudo (Sector Doméstico + Sector *Empresarial*), as quantidades em causa que variam entre as 519 000 e as 550 000 Mg/ano (o que representa um intervalo entre 564 000 e os 598 000L/ano), superando assim largamente o volume necessário para substituir a actual fonte de combustível, o gasóleo, por B<sub>100</sub>, cenário que se continuaria a verificar se fosse apenas considerado o potencial de produção do Sector Doméstico, aproximadamente 396.000L/ano.

No entanto, se considerarmos apenas o Sector Empresarial, o resultado altera-se substancialmente. Assim, independentemente de os quantitativos de OAU obtidos se situarem no limiar mínimo da produção estimada 155 000 Mg/ano (cerca de 169 000L/ano), ou no limiar máximo, 186 000 Mg/ano (aproximadamente 203 000L/ano) apenas se conseguem obter as quantidades de OAU necessárias para efectuar a totalidade da substituição do gasóleo por B<sub>5</sub> ou B<sub>20</sub>, sendo no entanto de referir que, os quantitativos obtidos se a produção de OAU se situar no limiar máximo de produção estimado, são suficientes para promover a maior parte da substituição do gasóleo, estimando-se que fiquem em défice apenas uns meros 5,500L/ano.

### 3.3.2. Avaliação ambiental das emissões de poluentes decorrentes da utilização de Biodiesel em detrimento do Gasóleo

Partindo dos quantitativos determinados através da análise energética descrita no ponto anterior e cruzando a dinâmica particular da frota municipal com as características específicas quer dos diferentes combustíveis em consideração, quer dos principais poluentes atmosféricos resultantes da combustão promovida nos veículos, com maior impacte sobretudo ao nível local [já referenciados anteriormente [Figura 2.2 – Variação média das emissões de poluentes em função da % de Biodiesel], sobre o qual se debruça a presente análise, é possível calcular, caracterizar e comparar a magnitude das emissões atmosféricas decorrentes quer da utilização das diferentes misturas de biodiesel em análise, quer da actual fonte de combustível em utilização, o gasóleo.

Para o cálculo das emissões dos poluentes, foi utilizado o método de *bottom-up* (ÁLVARES JR., et al., 2001), geralmente usado no cálculo de emissões associadas ao tráfego viário, designadamente à combustão dos diferentes combustíveis nos veículos, permitindo calcular as emissões resultantes a partir dos factores de emissão de cada poluente, distância média percorrida e/ou combustível consumido.

A aplicação deste método prevê em primeira instância, a determinação do consumo energético associado à actividade móvel em estudo, neste caso a frota municipal, e numa segunda fase considera a quantidade em massa de cada poluente emitido com base na distância média percorrida num determinado intervalo de tempo (PIAN, et al., 2009).

Para o cálculo das massas de cada poluente emitido foi utilizada assim a seguinte equação:

$$\text{Emissões}_i = \text{FE}_{i\ ab} \times \text{Actividade}_{abc}$$

onde: Emissões – emissão de um gás/poluente  $i$ ;

$\text{FE}_{i\ ab}$  – Factor de emissão do gás/poluente  $i$ ;

Actividade - quantidade de energia consumida ou distância percorrida por uma determinada actividade ( $abc$ ) de uma fonte móvel;

$i$  – Gás/poluente ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{MP}$  e  $\text{HC}$ );

$a$  – tipo de combustível (diesel e biodiesel em diferentes %,  $B_{100}$ ,  $B_{20}$  e  $B_5$ );

$b$  – tipo de veículo;

$c$  – controles de emissão.

Com base nos Factores de Emissão (DOURADO DE SEQUEIRA, et al., 2007) específicos para cada poluente ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{MP}$  e  $\text{HC}$ ) relativamente ao combustível em análise (diesel e biodiesel em diferentes %,  $B_{100}$ ,  $B_{20}$  e  $B_5$ ), procedeu-se ao respectivo cálculo das correspondentes emissões mássicas de cada poluente expressos em  $\text{Mg/ano}$ .

Para o efeito, a partir dos dados da frota municipal, relativos a um ano (o ano transacto) foi determinado para cada caso, o consumo mássico de combustível ( $\text{kg/ano}$ ), obtido a partir do produto dos consumos reais e estimados ( $\text{m}^3/\text{ano}$ ), respectivamente para o gasóleo e para os diferentes cenários de utilização de biodiesel anteriormente calculados (Tabela 3.2 – Variação de consumos de Biodiesel versus Gasóleo) pelos respectivos Pesos Específicos ( $\text{kg/m}^3$ ).

A partir do produto do Poder Calorífico Inferior (PCI) de cada combustível (kcal/kg), pelos referidos consumos mássicos calculados, procedeu-se à determinação da energia consumida (kcal/ano), que posteriormente se sujeitou a uma conversão de unidades (kWh/ano) tendo em conta a subsequente correlação directa com os respectivos Factores de Emissão (FE) de cada poluente expressos em g/kWh.

Assim, com base no produto dos respectivos FE de cada poluente, pela energia consumida associada a cada um dos diferentes cenários consoante o combustível em consideração, determinou-se para cada poluente a correspondente emissão em massa ao longo do ano expressa em Mg/ano (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Emissão mássica anual de poluentes (CO, NO<sub>x</sub>, MP e HC) com base na energia consumida por cada combustível

	Tipo de Combustível Utilizado	CO (Mg/ano)	HC (Mg/ano)	NO <sub>x</sub> (Mg/ano)	MP (Mg/ano)
Real	Gasóleo	2,98	0,31	9,53	0,22
Calculado	Biodiesel (B <sub>5</sub> )	2,96	0,24	12,18	0,21
	Biodiesel (B <sub>20</sub> )	2,75	0,23	12,33	0,19
	Biodiesel (B <sub>100</sub> )	1,62	0,17	13,18	0,06

Pela análise da tabela anterior, verifica-se assim que à excepção do NO<sub>x</sub>, todos os restantes poluentes diminuem à medida que reduzimos a % de gasóleo no biodiesel.

Assim, no que concerne aos óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), a substituição do gasóleo pelo biodiesel está associada ao aumento de impactes nada desprezíveis (inclusivamente ao nível local), na medida em que estes reagem na atmosfera para formar o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), podendo ter efeitos adversos sobre a saúde, especialmente entre as pessoas com problemas respiratórios, enquanto a exposição de longo prazo pode afectar a função pulmonar e aumentar a resposta aos alergénicos nas pessoas sensíveis, contribuindo ainda para a formação de fumos e chuvas ácidas que potenciam a degradação da vegetação e contribuem para a formação de ozono ao nível do solo. No entanto essa realidade altera-se quando se entra em linha de conta com os restantes poluentes em analisados.

Desta forma, no que concerne ao monóxido de carbono (CO), que pode reduzir a capacidade de transporte de oxigénio do sangue, podendo mesmo ser fatal quando atinge níveis extremos (BIODIENET, 2010), verifica-se uma redução gradual da sua emissão à medida que se aumenta a percentagem de biodiesel, redução essa que pode alcançar cerca de 46% no cenário de substituição do gasóleo por B<sub>100</sub>.

A redução de emissões verifica-se também, e até mais acentuadamente, na matéria particulada (MP), que de entre os principais impactes se destaca o facto de contribuírem decisivamente para diminuir a visibilidade e aumentar a sujidade, e, representarem um risco agravado na medida em que as partículas finas (MP10), que são pequenas o suficiente para serem inaladas pelos pulmões, podem contribuir para as doenças respiratórias agudas e crónicas e para a mortalidade prematura (BIODIENET, 2010). Situação idêntica se verifica com os hidrocarbonetos (HC) que contribuem para a formação de ozono troposférico, conduzindo ao risco de danos no sistema respiratório humano (sendo alguns deles até cancerígenos) e contribuindo de forma indirecta para o aumento do efeito de estufa (BIODIENET, 2010) e que registaram uma redução contínua, em função da percentagem de biodiesel considerada, chegando a atingir reduções na mesma ordem de grandeza do CO.

### **3.3.3. Análise económica da viabilidade/rentabilidade de substituição do Gasóleo por Biodiesel**

A fim de, economicamente avaliar a viabilidade/rentabilidade de implementação do projecto em apreço, em cada um dos cenários considerados e assim possibilitar encontrar uma ferramenta de justificação financeira e de apoio à decisão, procedeu-se à análise pro-activa dos benefícios e custos esperados do projecto, submetendo os diferentes cenários considerados à avaliação económica com base no cálculo, em cada caso, dos correspondentes indicadores financeiros de referência, designadamente o Valor Actual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) e ainda o Período de Recuperação do Investimento (PRI).

#### **3.3.3.1. Caracterização dos Dados de Base**

##### **➤ De projecto**

Procurando entrar em linha de conta com todas as componentes de base inerentes à implementação e exploração do projecto de substituição de gasóleo consumido pela frota municipal por um dos 3 cenários de produção de biodiesel considerados ( $B_5$ ,  $B_{20}$  e  $B_{100}$ ), produzidos a partir da recolha de OAU aplicável ao presente *Case Study*, foram considerados valores de custos de produção compostos (€/l) (GOMES, 2006), devidamente ponderados proporcionalmente no que concerne aos custos de investimento e da matéria-prima (que no caso em apreço se materializam nos custos de recolha) e de modo inversamente proporcional no que se refere às quantidades produzidas para cada um dos 3 cenários considerados, potenciando o designado efeito de “economia de escala” (quanto maior o volume produzido para uma mesma capacidade de produção, e portanto, para um mesmo custo de investimento inicial fixo, menores os custos de produção unitários).

Assim, considerando um valor de investimento inicial (para viatura e equipamentos) na ordem dos 66.000,00€ e assumindo que, em função da produção considerada (450 a 3 600Mg/ano) e do custo da matéria-prima (cujo valor de custo médio varia num intervalo de 0,326 a 0,597€/l) o custo médio composto de produção de biodiesel se situa entre os 0,349 e os 0,652€/l (GOMES, 2006), determinaram-se a partir do custo médio de referência de recolha de OAU em Portugal, 0,234€/l (BIODIENET, 2010), e, tendo por base os quantitativos necessários para a produção do biodiesel em

cada um dos 3 cenários considerados os novos custos de produção compostos de 0.496, 0.455, e 0.357 respectivamente para o B<sub>5</sub>, B<sub>20</sub> e B<sub>100</sub>.

Para além dos respectivos custos de investimento inicial supra mencionados (determinado para as necessidades de produção calculadas para o cenário máximo, o B<sub>100</sub>), os respectivos custos de produção compostos incorporam ainda os correspondentes custos fixos e variáveis inerentes à implementação do projecto, designadamente no que se refere ao pessoal, manutenção, energia, catalisador, matéria-prima, etc.

Finalmente, a partir dos correspondentes custos de produção, foram apuradas para cada um dos 3 cenários em análise, as respectivas receitas, que na prática correspondem à diferença entre o custo total de produção de biodiesel (tendo em conta os quantitativos necessários produzir em cada caso, Tabela 3.2 – Variação de consumos de Biodiesel versus Gasóleo) e o custo total do gasóleo consumido pela frota municipal, calculado a partir da quantidade real consumida multiplicada pelo custo médio do gasóleo em 2009 de 1,003€/l (*fonte*: Direcção Geral de Energia e Geologia).

Tabela 3.4 – Receitas apuradas em cada cenário considerado

TIPO DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO	Biodiesel (B <sub>5</sub> )	Biodiesel (B <sub>20</sub> )	Biodiesel (B <sub>100</sub> )
VALOR DA RECEITA ESTIMADA (€/ano)	98.587,35	104.991,63	120.841,17

### ➤ Financeiros

Relativamente aos dados de base financeiros subjacentes ao cálculo dos respectivos indicadores económicos, considerou-se no que concerne ao plano de amortizações, que estas são efectuadas com base nas taxas estabelecidas no Decreto Regulamentar n.º 2/90, de 12 de Janeiro e pelo método das quotas constantes (25% para equipamentos de transporte e 12,5% para equipamentos de produção), para um período de vida útil de projecto, que no caso em apreço, pela sua natureza, se considerou de 10 anos.

Quanto à taxa de inflação adoptada, e, face à imprevisibilidade associada à sua potencial variabilidade ao longo do período de vida útil do projecto, durante o qual, a mesma se assume constante, procurou-se actualizar o projecto o mais possível no tempo considerando-se já a taxa de inflação preconizada para o Orçamento de Estado para 2011, de 2,2%.

No que concerne à Taxa de Actualização, tendo em conta que um projecto de investimento gera *cash flows* ao longo da sua vida, é necessário a fim de avaliar a sua viabilidade/rentabilidade económica, reportar todos os *cash flows* a um mesmo momento (conceito de valor actual), tornando-os desta forma, comparáveis. Para o efeito, torna-se necessário proceder à determinação da taxa de desconto, que no mínimo deve superar a remuneração que se obteria caso, em vez de se investir no projecto, se aplicasse o dinheiro num activo sem risco, acrescida de um prémio de risco que decorre do risco associado à natureza do projecto de investimento.

Desta forma, para o cálculo da Taxa de Actualização (R), foi utilizado o método CAPM:

$$R = R_f + \beta * (R_m - R_f) = 9,04\%$$

Onde:

$R_f = 4,80\%$  (Taxa de juro sem risco – Obrigações do Tesouro a 10 anos – *Fonte*: Caixa Geral de Depósitos);

$\beta = 0,8$  [Em função do risco inerente ao projecto (MOTA, et al., 2006)];

$(R_m - R_f) = 5,30\%$  (Prémio de risco do mercado).

Finalmente, no que respeita aos efeitos fiscais, sempre que o resultado do projecto se revelou positivo, foi ainda considerada a aplicação de uma taxa de imposto sobre os lucros de 25% e derrama de 1,5%.

### 3.3.3.2. Cálculo de indicadores económicos (VAL, TIR e PRI) para cada cenário considerado

#### ➤ Valor Actual Líquido (VAL)

O Valor Actual Líquido é um critério financeiro destinado a avaliar investimentos através da comparação entre os *cash flows* gerados por um projecto e o capital investido (ZUNIDO, et al., 2006).

A determinação do VAL de um projecto é feito em cinco etapas:

- Determinação e fixação a taxa de actualização ( $R$ );
- Determinação do capital investido [se o projecto necessitar de várias despesas de capital durante vários períodos, é necessário actualizar essas saídas de fundos (*cash outflows*) para o período zero];
- Actualização de cada *cash flow* de exploração através da expressão:

$$VA = \frac{VF}{(1 + R)^n}$$

Onde:

VA = Valor Actual do Dinheiro;

VF = Valor Futuro do Dinheiro;

$R$  = Taxa de actualização;

$t$  = ano em que se verifica o *cash flow* ( $t = 1, 2, 3, \dots$ ).

- Soma dos *cash flows* de exploração actualizados (representa o valor actual do *cash flow* de exploração);
- Subtracção do valor actual dos *cash flows* de exploração do custo do investimento.

Tendo em conta que no caso em apreço, existe apenas um único investimento, o inicial, a fórmula usada assumiu a seguinte expressão:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + R)^t} - I$$

Onde:

$CF_t$  = *Cash flow* de exploração do período  $t$ ;

$I$  = Despesa de investimento inicial;

$R$  = Taxa de actualização.



Desta forma se o VAL for:

- **> 0** - Estamos perante um projecto economicamente viável, uma vez que o VAL superior a 0 permite cobrir o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor (R), e ainda gerar um excedente financeiro;
- **= 0** - O projecto é economicamente viável, uma vez que permite a completa recuperação do investimento inicial, bem como a obtenção mínima exigida pelos investidores (R). No entanto, há que analisar devidamente todos os fluxos previsionais, bem como a taxa de actualização utilizada, pois bastará uma pequena alteração para que o projecto deixe de ser economicamente viável;
- **< 0** - Estamos perante um projecto economicamente inviável.

Logo, quanto maior for o VAL, maior será a probabilidade do projecto ser viável economicamente (CALDEIRA, 2001).

#### ○ Cálculo do VAL para o B<sub>5</sub>

Mapa de Avaliação Económica - Financeira											
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
1. Receitas		100.756	102.973	105.238	107.554	109.920	112.338	114.809	117.335	119.917	122.555
2. Custos de Produção		98.922	101.099	103.323	105.596	107.919	110.293	112.720	115.200	117.734	120.324
3. Margem (1-2)		1.834	1.874	1.915	1.957	2.001	2.045	2.090	2.136	2.183	2.231
4. Investimento		66.832									
Total	66.832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Margem - Investimento (3-4)	-66.832	1.834	1.874	1.915	1.957	2.001	2.045	2.090	2.136	2.183	2.231
6. Amortizações	0	13.041	13.041	13.041	13.041	3.666	3.666	3.666	3.666	0	0
7. Provisões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Resultado (5-6-7)	-66.832	-11.208	-11.167	-11.126	-11.084	-1.666	-1.622	-1.577	-1.531	2.183	2.231
9. Efeito Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	554	566
10. Resultado c/ Efeito Fiscal (8-9)	-66.832	-11.208	-11.167	-11.126	-11.084	-1.666	-1.622	-1.577	-1.531	1.629	1.665
11. Cash-Flow Exploração (p/ VAL)	-66.832	1.834	1.874	1.915	1.957	2.001	2.045	2.090	2.136	1.629	1.665

unid.: euros

Cálculo do VAL											
Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CF t	-66.832	1.834	1.874	1.915	1.957	2.001	2.045	2.090	2.136	1.629	1.665
T Actualização	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%
Factor Actualização	1,0000	0,9171	0,8411	0,7713	0,7074	0,6487	0,5950	0,5456	0,5004	0,4589	0,4209
CF Act	-66.832	1.682	1.576	1.477	1.385	1.298	1.216	1.140	1.069	747	701
CF Act Acum.	-66.832	-65.150	-63.574	-62.096	-60.712	-59.414	-58.197	-57.057	-55.989	-55.241	-54.541

VAL

-54.541

○ Cálculo do VAL para o B<sub>20</sub>

Mapa de Avaliação Económica - Financeira											
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
1. Receitas		107.301	109.662	112.075	114.540	117.060	119.635	122.267	124.957	127.706	130.516
2. Custos de Produção		92.377	94.410	96.487	98.609	100.779	102.996	105.262	107.578	109.944	112.363
3. Margem (1-2)		14.924	15.252	15.588	15.931	16.281	16.640	17.006	17.380	17.762	18.153
4. Investimento	66.832										
Total	66.832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Margem - Investimento (3-4)	-66.832	14.924	15.252	15.588	15.931	16.281	16.640	17.006	17.380	17.762	18.153
6. Amortizações	0	13.041	13.041	13.041	13.041	3.666	3.666	3.666	3.666	0	0
7. Provisões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Resultado (5-6-7)	-66.832	1.883	2.211	2.547	2.890	12.615	12.973	13.339	13.713	17.762	18.153
9. Efeito Fiscal	0	478	561	646	733	3.201	3.292	3.385	3.480	4.507	4.606
10. Resultado c/ Efeito Fiscal (8-9)	-66.832	1.405	1.650	1.900	2.156	9.414	9.681	9.954	10.234	13.255	13.547
11. Cash-Flow Exploração (p/ VAL) (6+7+10)	-66.832	14.446	14.691	14.942	15.198	13.080	13.348	13.621	13.900	13.255	13.547

unid.: euros

Cálculo do VAL											
Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CF t	-66.832	14.446	14.691	14.942	15.198	13.080	13.348	13.621	13.900	13.255	13.547
T Actualização	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%
Factor Actualização	1,0000	0,9171	0,8411	0,7713	0,7074	0,6487	0,5950	0,5456	0,5004	0,4589	0,4209
CF Act	-66.832	13.249	12.356	11.525	10.751	8.486	7.941	7.432	6.956	6.083	5.701
CF Act Acum.	-66.832	-53.583	-41.227	-29.701	-18.951	-10.465	-2.524	4.908	11.864	17.947	23.648

VAL

23.648

○ Cálculo do VAL para o B<sub>100</sub>

Mapa de Avaliação Económica - Financeira											
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
1. Receitas		123.500	126.217	128.993	131.831	134.732	137.696	140.725	143.821	146.985	150.219
2. Custos de Produção		76.179	77.855	79.568	81.318	83.107	84.936	86.804	88.714	90.666	92.660
3. Margem (1-2)		47.321	48.362	49.426	50.513	51.624	52.760	53.921	55.107	56.319	57.558
4. Investimento	66.832										
Total	66.832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Margem - Investimento (3-4)	-66.832	47.321	48.362	49.426	50.513	51.624	52.760	53.921	55.107	56.319	57.558
6. Amortizações	0	13.041	13.041	13.041	13.041	3.666	3.666	3.666	3.666	0	0
7. Provisões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Resultado (5-6-7)	-66.832	34.279	35.320	36.384	37.472	47.958	49.094	50.254	51.441	56.319	57.558
9. Efeito Fiscal	0	8.698	8.962	9.232	9.508	12.169	12.457	12.752	13.053	14.291	14.605
10. Resultado c/ Efeito Fiscal (8-9)	-66.832	25.581	26.358	27.152	27.963	35.789	36.636	37.502	38.387	42.028	42.953
11. Cash-Flow Exploração (p/ VAL) (6+7+10)	-66.832	38.622	39.399	40.193	41.005	39.455	40.303	41.169	42.054	42.028	42.953

unid.: euros

Cálculo do VAL											
Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CF t	-66.832	38.622	39.399	40.193	41.005	39.455	40.303	41.169	42.054	42.028	42.953
T Actualização	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%	9,04%
Factor Actualização	1,0000	0,9171	0,8411	0,7713	0,7074	0,6487	0,5950	0,5456	0,5004	0,4589	0,4209
CF Act	-66.832	35.420	33.137	31.002	29.006	25.596	23.978	22.463	21.044	19.287	18.077
CF Act Acum.	-66.832	-31.411	1.726	32.728	61.734	87.330	111.308	133.771	154.815	174.102	192.179

VAL

192.179

### ➤ Taxa Interna de Rendibilidade (TIR)

A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) de um projecto de investimento é a taxa de actualização que anula o valor actual líquido. Pode dizer-se que a TIR é a taxa mais elevada a que o investidor pode contrair um empréstimo para financiar um investimento, sem perder dinheiro.

Num projecto de investimento convencional, a TIR é uma função decrescente e convexa que tende para um valor negativo do investimento quando a taxa de actualização tende para infinito (Figura 3.4).

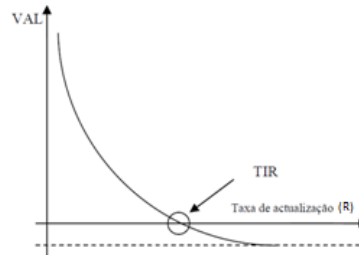


Figura 3.4 – Representação esquemática do conceito da TIR [adaptado de (ZUNIDO, et al., 2006)]

A TIR é assim calculada da seguinte forma:

$$I + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + TIR)_t} = 0$$

Desta forma, se a TIR for (WIKIPÉDIA, 2010):

- Maior do que a Taxa de Actualização: significa que o investimento é economicamente atractivo;
- Igual à Taxa de Actualização: o investimento está economicamente numa situação de indiferença;
- Menor do que a Taxa de Actualização: o investimento não é economicamente atractivo.

Logo, entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior TIR.

#### ○ TIR para o B<sub>5</sub>

TIR	---
-----	-----

#### ○ TIR para o B<sub>20</sub>

TIR	16,75%
-----	--------

#### ○ TIR para o B<sub>100</sub>

TIR	58,58%
-----	--------

➤ **Período de Recuperação do Investimento (PRI)**

Esta técnica mede o número de períodos de tempo que decorrem até que os capitais investidos no projecto sejam recuperados. O período de recuperação do investimento, *Payback Period* (PP), é usualmente obtido pela seguinte expressão:

$$PRI = T \text{ quando } \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+R)^t} = I$$

Onde:

$I$  = Valor do investimento;

$CF_t$  = Somatório dos *cash flows* de exploração;

$t$  = Número de períodos da análise do projecto de investimento.

Logo, entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver o menor PRI.

○ **PRI para o B<sub>5</sub>**

PRI	---
-----	-----

○ **PRI para o B<sub>20</sub>**

PRI	6,34
-----	------

○ **PRI para o B<sub>100</sub>**

PRI	1,95
-----	------

#### 4. Análise SOWT e Conclusões

Como corolário das determinações e resultados obtidos no capítulo 3, é possível agora, tendo por base também o enquadramento teórico anteriormente formulado no capítulo 2, promover um balanço integrado sobre as várias condicionantes e especificidades subjacentes à temática em análise através de uma metodologia de análise que identifique não só os pontos fortes e fracos do tema, como também as respectivas eventuais ameaças e oportunidades do projecto em si.

Desta forma, olhando de uma forma global para a caracterização do potencial de produção de Biodiesel a partir de OAU na área geográfica do caso de estudo e conjugando esses dados com os resultados da análise ambiental, energética e económica da sua utilização na respectiva frota municipal, é possível constatar e concluir que:

- Relativamente ao potencial de produção de OAU no concelho de Mafra, conforme referenciado anteriormente (*vide* ponto 3.2.1), existem duas grandes fontes de produção, designadamente o sector doméstico e o sector empresarial (este último maioritariamente representado pelo designado canal HORECA), com uma produção média total que se estima que varie entre os 565.000 e os 599.000L/ano que, conjugada com os quantitativos recolhidos por sector (*vide* ponto 3.2.2), permite concluir que apenas cerca de 22 a 23% do total de OAU produzidos na área geográfica em estudo, são actualmente efectivamente recolhidos, neste caso, de acordo com a seguinte distribuição (de produção/recolha) por sector de origem:

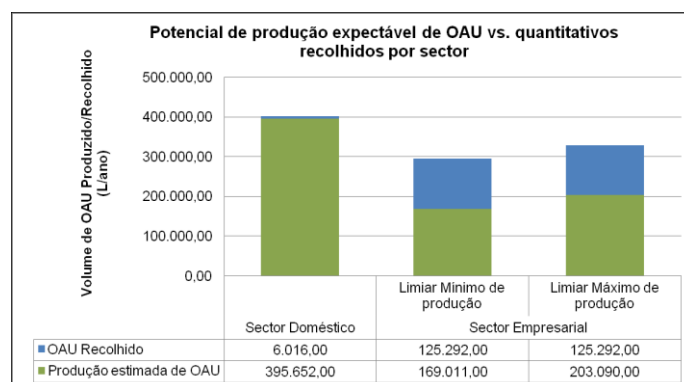


Figura 4.1 – Representação gráfica dos quantitativos de OAU recolhidos versus a sua produção média estimada por sector de origem

- No que concerne às variações de consumo estimadas para cada um dos cenários de utilização das diferentes misturas de biodiesel, determinadas através do balanço energético efectuado de acordo com a metodologia descrita no ponto 3.3.1, verifica-se que, pese embora, por via da diminuição do Poder Calorífico à medida que se aumentam as misturas de biodiesel, se registre um aumento no consumo de combustível na ordem dos 0,2, 1,9 e 7,1% respectivamente para o B<sub>5</sub>, B<sub>20</sub> e B<sub>100</sub> (Figura 4.2), se verifica no entanto também que, de acordo com a determinação da emissão mássica anual de poluentes com base na energia consumida por cada combustível (*vide* ponto 3.3.2), à excepção das emissões do NO<sub>x</sub>, onde

considerando a substituição plena do gasóleo (por B<sub>100</sub> portanto) se verifica um aumento da sua emissão na ordem dos 38%, todos os restantes poluentes em análise registam uma redução significativa nas suas emissões, designadamente de -46, -45 e -73% respectivamente para CO, HC e MP.

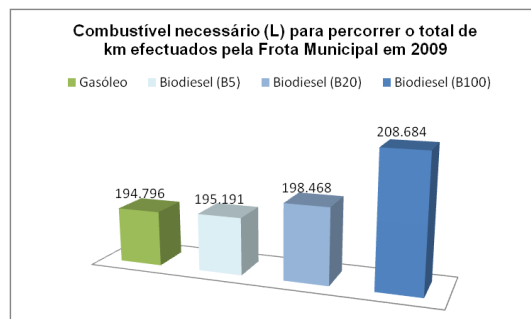


Figura 4.2 - Representação gráfica do aumento estimado de consumo de combustível em função do aumento da mistura do biocombustível

- No que diz respeito à avaliação da viabilidade/rentabilidade de substituição do gasóleo consumido pela frota municipal em estudo, por cada um dos 3 cenários considerados (B<sub>5</sub>, B<sub>20</sub> e B<sub>100</sub>), em consonância com a análise económica e financeira efectuada com base no cálculo de indicadores de referência, VAL, TIR e PRI, (vide capítulo 3.3.3) pode concluir-se que, para o caso de estudo em análise, apenas 2 dos 3 cenários são economicamente rentáveis, designadamente o B<sub>20</sub> e o B<sub>100</sub> e destes, o B<sub>100</sub> apresenta sob este ponto de vista, inequívocas vantagens sobre o B<sub>20</sub>. De facto essas vantagens encontram-se espelhadas não só ao nível do VAL que é cerca de 8 vezes superior ao do B<sub>20</sub>, como também no que respeita à TIR, cerca de 3,5 vezes maior e ao PRI cujo período de recuperação do investimento (em anos) apresenta uma redução de cerca de 70%, passando de 6,34 no caso do B<sub>20</sub> anos para 1,95 no caso do B<sub>100</sub> (Figura 4.3).

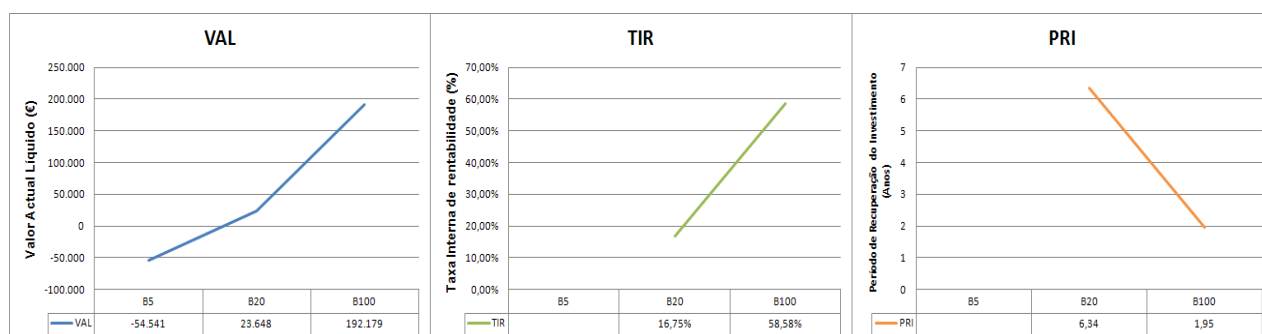


Figura 4.3 – Representação gráfica dos indicadores de avaliação económica e financeira de referência, VAL, TIR e PRI

Esta conclusão que decorre da análise integrada de todos os cenários considerados, reflecte assim o efeito de economia de escala, claramente patente na potenciação do cenário do B<sub>100</sub> como o mais rentável, na medida em que é aquele que ao contemplar a substituição da totalidade do gasóleo consumido pela frota municipal, implica uma maior produção de biodiesel e portanto um maior partido da rentabilização do investimento realizado.

Desta forma, cruzando os supramencionados resultados e conclusões decorrentes das análises promovidas ao longo do presente trabalho com as vantagens e desvantagens associadas à temática em análise, genericamente conhecidas e abordadas em detalhe ao longo do presente trabalho (vide capítulo 2), é assim possível sistematizar objectivamente as oportunidades e ameaças que, conjugadas com os pontos fortes e fracos respeitantes não só às generalidades da temática em análise como também às especificidades resultantes da análise do caso de estudo permitem assim congregiar as questões e conclusões mais relevantes através de uma metodologia de análise SWOT integrada.

Tabela 4.1 – Matriz da análise SWOT dos principais pontos a reter sobre a valorização dos OAU para produção e utilização de Biodiesel

PONTOS FORTES	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Garantia de destino final adequado dos OAU e promoção dos recursos energéticos endógenos com especial destaque para o aproveitamento de um potencial resíduo como matéria-prima de origem renovável (com as consequentes mais valias de minimização dos impactes nos solos e em particular nas linhas de água e da redução das perturbações ao nível do funcionamento das redes de drenagem e das ETAR);</li> <li>➤ Contribuição para a melhoria da qualidade do ar e redução das alterações climáticas, nomeadamente do aquecimento global (redução da emissão de poluentes atmosféricos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarbonetos e partículas, bem como, eliminação das emissões de dióxido de enxofre);</li> <li>➤ Diminuição da dependência do consumo de petróleo;</li> <li>➤ Produção/utilização de um biocombustível com menores riscos do que os combustíveis de origem fóssil (não é inflamável, explosivo ou tóxico);</li> <li>➤ Possibilidade de utilização directamente em motores diesel de injeção directa, sem necessidade de adaptação do motor, com desempenho semelhante comparativamente ao diesel fóssil e melhoria da lubrificação dos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento das emissões de aldeídos e de NO<sub>x</sub>;</li> <li>➤ Possibilidade de existência/registo de anomalias de funcionamento na passagem do biodiesel do depósito para o motor, em condições de temperaturas negativas;</li> <li>➤ Risco de deterioração da pintura, e de alguns componentes de borracha dos veículos (dissolução e corrosão respectivamente), em caso de contacto, nomeadamente por derrame;</li> <li>➤ Menor poder calorífico comparativamente com os combustíveis de origem fóssil;</li> </ul>



motores; ➤ Eliminação das emissões de SO <sub>x</sub> , (principais causadores das chuvas ácidas).	
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
➤ Criação de postos de trabalho (com especial impacte ao nível da socioeconomia local); ➤ Desenvolvimento de uma nova actividade económica auto-suficiente (mais resistente aos riscos e constrangimentos internacionais ligados ao petróleo);	➤ Custos de produção elevados, sobretudo à micro-escala, que podem inviabilizar o projecto sob o ponto de vista económico; ➤ Riscos associados à falta de qualidade da matéria-prima de base (OAU); ➤ Risco de falta de qualidade do Biodiesel produzido (face aos critérios regulamentares e normalizados); ➤ Eventuais questões de insalubridade associadas à incorrecta deposição dos OAU nos oleões de rua; ➤ Resistência da população em armazenar temporariamente os OAU em casa; ➤ Falta de incentivos fiscais “realistas” para a produção de biodiesel; ➤ Produção de mais um resíduo, caso a glicerina obtida como subproduto não tenha a devida aceitação/encaixe no mercado, nomeadamente como parte de um qualquer processo produtivo.

Em face dos pontos espelhados na matriz SWOT (Tabela 4.1) e dos resultados alcançados em cada uma das antecedentes análises temáticas (energética, ambiental e económico-financeira) pode assim concluir-se que, pese embora existam alguns pontos fracos e ameaças associadas à transversalidade da temática da valorização dos OAU para produção e utilização de biodiesel, são ainda assim os pontos fortes e as oportunidades que daí podem decorrer que caracterizam e se destacam claramente nas diferentes vertentes associadas à temática em apreço e à sua concretização/implementação, designadamente desde a recolha da matéria-prima que deixa assim de ser um resíduo com graves problemas de gestão associados, até à fase de substituição do gasóleo pelo biodiesel, com as inúmeras vantagens ambientais, económicas e sociais que daí decorrem.

Transpondo esta realidade para ao caso de estudo analisado, conclui-se assim que, não só existe um potencial de matéria-prima que supera largamente as necessidades, como concomitantemente existem claras vantagens de ordem ambiental, sociais e económicas, em proceder à valorização dos OAU produzidos no concelho de Mafra através da produção e utilização de biodiesel para auto-consumo na frota municipal, designadamente nos cenários B<sub>20</sub> e B<sub>100</sub>, os dois onde, se verificou existir viabilidade e rentabilidade económica, com destaque para o panorama de utilização do biodiesel a 100%, claramente mais vantajoso sob o ponto de vista ambiental e económico.

## 5. Considerações Finais

Em consonância com os objectivos inicialmente traçados, o presente trabalho vem assim colmatar não só a necessidade de suprimir a falta de informação relativa à transversalidade da temática em apreço, como também analisá-la e disponibilizá-la de uma forma prática, concreta e útil à escala considerada no caso de estudo (a municipal), esperando dessa forma contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem/metodologia que porventura, possa analogamente ser transposta e extrapolada para a grande maioria dos municípios do país.

De facto, o trabalho desenvolvido, permitiu assim primeiramente avaliar não só as necessidades energéticas da frota municipal em estudo, traduzidas em consumos estimados das diferentes misturas de biodiesel consideradas ( $B_5$ ,  $B_{20}$  e  $B_{100}$ ), como também avaliar por sector de origem, o potencial de produção da matéria-prima de base à sua produção, o OAU, em toda a área geográfica do caso de estudo, o concelho de Mafra.

Esta metodologia permitiu assim concluir que, pese embora o potencial de produção de OAU no concelho de Mafra seja claramente superior às necessidades de substituição da totalidade do gasóleo gasto anualmente pela frota municipal, por 100% biodiesel ( $B_{100}$ ), actualmente apenas cerca de 22 a 23% são recolhidos (aproximadamente 130.000L/ano, provenientes maioritariamente do sector não doméstico que, no caso em estudo, apenas representa 30 a 34% do potencial total de produção de OAU), o que, ainda assim por si só já é largamente superior às necessidades para produzir as quantidades quer de  $B_5$ , quer de  $B_{20}$ .

Paralelamente, foi também possível concluir que, apesar da substituição do gasóleo na frota em análise implicar um aumento de consumo de 0.2, 1.9 e 7.1%, respectivamente para o  $B_5$ ,  $B_{20}$  e  $B_{100}$ , se verifica inversamente, uma diminuição genérica nas emissões atmosféricas, o que só não acontece no caso do  $NO_x$ .

Finalmente, demonstrada não só a exequibilidade operacional como também a viabilidade e as mais-valias técnicas e ambientais da substituição do gasóleo por qualquer um dos 3 cenários de biodiesel considerados no caso de estudo, analisou-se ainda sob o ponto de vista económico-financeiro cada um dos cenários em apreço concluindo-se que dos 3, apenas 2 são economicamente rentáveis, o  $B_{20}$  e o  $B_{100}$ , e destes, o último é claramente o mais vantajoso, conclusão que, conjugada com as ilações das antecedentes análises, destaca assim, sem qualquer margem para dúvida o cenário da substituição plena do gasóleo de origem fóssil por biodiesel de OAU a 100% ( $B_{100}$ ) como o mais vantajoso quer sob o ponto de vista ambiental, quer sob o prisma económico.

## Referências Bibliográficas

- ADENE-INETI. 2002.** *“Energias Renováveis em Portugal” Uma Contribuição para os Objectivos de Política Energética e Ambiental.* s.l. : ADENE e INETI, 2002.
- ALMEIDA NETO, José Adolfo, et al. 2003.** *Projecto Bio-Combustível: Processamento de óleos e gorduras vegetais in natura e residuais em combustíveis tipo diesel.* s.l. : 1DCAA, 2DCET e 3DCAC, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, 2003.
- ÁLVARES JR., O.M. e LINKE, R.R.A. 2001.** *Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil.* São Paulo : CETESB, 2001.
- AMBIENTE ONLINE. 2005.** <http://www.ambienteonline.pt>. [Online] 4 de Fevereiro de 2005. [Citação: 5 de Maio de 2010.] <http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=2121>.
- APA. 2010.** Óleos Alimentares Usados. *Agência Portuguesa do Ambiente.* [Online] 2010. [Citação: 6 de Abril de 2010.] <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/fluxresiduos/OAUsados/Paginas/default.aspx>.
- . 2003.** *Relatório do Estado do Ambiente em Portugal.* Lisboa : s.n., 2003.
- AREA. 2006.** Recolha e valorização dos óleos alimentares usados. <http://www.areac.pt>. [Online] 2 de Maio de 2006. [Citação: 14 de Abril de 2010.] <http://www.areac.pt/index.htm>.
- BCSD Portugal. 2007.** *Biocombustíveis - Resumo Temático | Energia e Clima.* Lisboa : WBCSD, 2007.
- BIODIENET. 2010.** *Manual de iniciativas locais para a valorização de óleo alimentar usado em biodiesel.* s.l. : Comissão Europeia, 2010.
- BRANCO, Ana, et al. 2008.** *Análise Energética e Ambiental da Introdução de Bio Combustíveis em Frotas Urbanas.* Lisboa : s.n., 2008.
- BRAVAL. 2008.** <http://www.aaeum.pt>. [Online] 9 de 10 de 2008. [Citação: 6 de Maio de 2010.] [http://www.aaeum.pt/archive/doc/Panfleto\\_Biodiesel.pdf](http://www.aaeum.pt/archive/doc/Panfleto_Biodiesel.pdf).
- CALDEIRA, Jorge. 2001.** Finanças Empresariais - Avaliação de Projectos de Investimento - Valor Actual Líquido - VAL. <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=576>. [Online] 07 de 12 de 2001. <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=576>.
- CÂMARAS VERDES. 2009.** PVOAU. <http://www.camarasverdes.pt>. [Online] 15 de Abril de 2009. [Citação: 19 de Abril de 2010.] <http://www.camarasverdes.pt/projecto/99-plano-de-valorizacao-de-oleos-alimentares-usados-.html>.
- CMM. 2008.** *REVISÃO DO PLANO DIRECTOR MUNICIPAL - ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO – Enquadramento Regional.* Mafra : s.n., 2008.
- DOURADO DE SEQUEIRA, Moana Regina, et al. 2007.** *ESTIMATIVA DOS POLUENTES EMITIDOS PELOS ÔNIBUS E MICROÔNIBUS DE CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE - MT, EMPREGANDO COMO COMBUSTÍVEL DIESEL, BIODIESEL OU GÁS NATURAL.* Cuiabá - Mato

Grosso CEP 78055-424- Brasil : ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

**EBB. 2010.** European Biodiesel Board. *European Biodiesel Board*. [Online] 2010. <http://www.ebb-eu.org/index.php>.

**EPA. 2002.** A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. s.l. : United States Environmental Protection Agency, 2002.

**FELIZARDO, Pedro Miguel Guerreiro. 2003.** *Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Usados de Fritura*. Lisboa (Instituto Superior Técnico) : Relatório de Estágio para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Química, 2003.

**FERNANDES, M. I. A. A. 2004.** *Impactes Ambientais e comércio de Emissões*. Coimbra : Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, 2004.

**GOMES, Rui. 2006.** *Manual do Biodiesel - Uma energia alternativa, uma solução energética*. Lisboa : Litexa, 2006.

**HILL, Phillip. 2008.** Biodiesel Equipment, Processors, Acc. & Information. <http://www.biodiesलगear.com>. [Online] 2008. [Citação: 26 de Maio de 2010.]

**INETI. 2001.** Forum Energias Renováveis em Portugal - Relatório Síntese (2001). *O e-Geo - Sistema Nacional de Informação Geocientífica*. [Online] 2001. [Citação: 05 de Novembro de 2010.] [http://e-geo.ineti.pt/edicoes\\_online/diversos/energias\\_renov/texto.htm](http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/energias_renov/texto.htm).

**IPA. 2004.** *Linhas de Definição Estratégica do Sistema de Gestão dos Óleos Alimentares Usados*. Estoril : s.n., 2004.

**Knothe, Gerhard, Dunn, Robert O. e Bagby, Marvin O. 2008.** *The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels*. s.l. : National Center for Agricultural Utilization Research, U.S. Department of Agriculture, 2008.

**LIPOR. 2006.** RECOLHA DE ÓLEOS ALIMENTARES USADOS (OAU). <http://www.lipor.pt>. [Online] 12 de Abril de 2006. [Citação: 3 de Maio de 2010.] <http://www.lipor.pt/default.asp?CpContentId=1010&cor=0&back=->.

**Maurício, Sara Sofia de Sousa. 2008.** A Produção de Biodiesel a partir de Óleos. Tese - Universidade de Aveiro. 2008.

**Meher, L. C., Sagar, D. Vidya e Naik, S. N. 2006.** *Technical aspects of biodiesel production by transesterification (a review)*. 2006.

**Milán, I., et al. 2010.** Performance and emissions of an agricultural diesel engine fuelled with different diesel and methyl ester blends. [http://www.inia.es/gcontrec/pub/299-307\\_Performance\\_1275033601687.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/299-307_Performance_1275033601687.pdf). [Online] 2010. [http://www.inia.es/gcontrec/pub/299-307\\_Performance\\_1275033601687.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/299-307_Performance_1275033601687.pdf).

**MOTA, António Gomes, et al. 2006.** *Finanças Empresariais - Teoria e Prática (2.ª Edição)*. s.l. : Publisher Team , 2006.

- OEINERGE. 2007.** Artigo OEINERGE: Projecto ÓLEO VALOR – Sistema de Valorização de Óleos Alimentares Usados. <http://www.oenerge.pt>. [Online] 2007. [Citação: 22 de Abril de 2010.] [http://www.oenerge.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=110:artigo-oenerge-projecto-oleo-valor-sistema-de-valorizacao-de-oleos-alimentares-usados&catid=33:save](http://www.oenerge.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=110:artigo-oenerge-projecto-oleo-valor-sistema-de-valorizacao-de-oleos-alimentares-usados&catid=33:save).
- OLEOTORRES. 2007.** Processo de Recolha e Processo de Tratamento. [Online] 2007. <http://www.oleotorres.pt/>.
- Paques, Fernanda Wiermann e Macedo, Gabriela Alves. 2006.** *Plant lipases from latex: properties and industrial applications vol.29 no.1*. São Paulo : Química Nova, 2006. Print version ISSN 0100-4042.
- PARPP. 2004.** Programa de Actuação para reduzir a dependência de Portugal face ao Petróleo. 2004.
- PER. 2008.** Os Biocombustíveis em Portugal. *Portal Energia - Energias Renováveis*. [Online] 18 de Julho de 2008. [Citação: 27 de Dezembro de 2010.] <http://www.portal-energia.com/os-biocombustiveis-em-portugal/>.
- PIAN, Lucas Bischof, et al. 2009.** *Determinação da linha de base e adicionalidade de um projeto de MDL a partir da emissão de poluentes utilizando diferentes combustíveis*. s.l. : ISSN, 2009.
- PINTO, Ana Margarida. 2000.** *Introduction of Biodiesel in Portugal - Final Report of NTB-NET Phase IV / Task 6 (Draft Version)*. s.l. : CCE – Centro para a Conservação de Energia, 2000.
- PIWKO, Jorge Alejandro. 2007.** BIODIESEL DEL PLATA. [Online] 2007. [www.biodieseldelplata.com.ar/](http://www.biodieseldelplata.com.ar/).
- QUERCUS. 2006.** Estratégia para a Gestão dos Óleos Alimentares Usados. Lisboa : s.n., 2006.
- ROSA, Maria Fernanda. 2005.** Situação Actual dos Biocombustíveis - Prespectivas Futuras. 2005, pp. 46-47.
- Silva, S. 2003.** *Resíduos de óleos alimentares: inquérito aos empresários da restauração*. Lisboa : Gabinete Técnico Alimentar da ARESP – Apoio à Restauração – Segurança Alimentar, 2003.
- VAN GERPEN, J., Shanks, B. e Pruszek, R. 2004.** *Biodiesel Production Technology*. s.l. : Iowa State University, 2004. Disponível em <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36244.pdf> e acedido em Maio de 2010.
- WIKIPÉDIA. 2010.** Glicerol. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Glicerol>. [Online] 2010.
- . 2010. Taxa interna de retorno. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa\\_interna\\_de\\_retorno](http://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa_interna_de_retorno). [Online] 2010. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa\\_interna\\_de\\_retorno](http://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa_interna_de_retorno).
- YANG, Hsi-Hsien, et al. 2007.** *Effects of biodiesel on emissions of regulated air pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons under engine durability testing*. *Atmospheric Environment*. s.l. : Elsevier, 2007.
- ZUNIDO, André, Magalhães, Germano e Vasco. 2006.** *Análise Financeira de Projectos de Software (VAL, TIR e PRI)*. s.l. : Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2006.

# ANEXOS

## ANEXO I

Tabela ANEXO I.1 - Controlo de km e Combustível Consumido pela Frota Municipal no Ano de 2009




Controlo de km e Combustível Consumido pela Frota Municipal no Ano de 2009						
Identificação das Viaturas			Unidade Orgânica/Entidade afecta ao Serviço	Distâncias, Consumos e Médias por Viatura		
Matrícula	Marca e/ou Modelo	Categoria		Distância Percorrida (km)	Combustível (Diesel) Consumido (l)	Média de Combustível (Diesel) Consumido (l/100km)
35-AJ-73	Kia Sportage	Ligeiro Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	3.813	298	7,8
GQ-51-04	Mitsubishi Pajero	Ligeiro Misto	Administração Directa	10.206	904	8,9
17-38-BH	Opel Campo	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	9.522	661	6,9
62-73-DE	Land Rover Discovery	Ligeiro Misto	Divisão Ambiente	4.328	409	9,5
61-50-DZ	Ford Transit	Ligeiro Telecomunicações	Protecção Civil	551	450	81,7
90-39-FR	Nissan	Ligeiro Mercadorias	Ambiente	16.508	1.883	11,4
99-24-GA	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Veterinário	8.094	482	6,0
71-88-GS	Renault Express	Ligeiro Mercadorias	Ambiente	13.182	826	6,3
46-54-HI	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Parque Desportivo	5.263	350	6,7
09-17-II	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Divisão Edifícios e Administração Directa	9.632	603	6,3
00-53-IM	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Parque Desportivo	9.571	925	9,7
35-17-JV	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Parque Desportivo	11.643	1.825	15,7
25-64-JZ	Ford Fiesta	Ligeiro Mercadorias	Fiscalização Técnica	11.226	643	5,7
79-21-MP	Audi A4	Ligeiro Passageiros	Departamento de Administração Geral	35.305	2.188	6,2
08-28-NI	Renault Kangoo	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	21.365	1.245	5,8
19-17-NU	Renault Kangoo	Ligeiro Mercadorias	Informática	7.656	526	6,9
20-01-NU	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	11.537	752	6,5
20-03-NU	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Ambiente	15.454	1.256	8,1
20-86-NU	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Divisão Edifícios e Administração Directa	19.421	1.203	6,2
21-22-NU	Renault Clio	Ligeiro Mercadorias	Divisão Edifícios e Administração Directa	21.675	1.548	7,1
47-18-NV	Nissan	Ligeiro Mercadorias	Pavimafra	10.144	1.755	17,3
19-01-PI	Mitsubishi	Ligeiro Mercadorias	J.F. Ericeira	17.000	13.392	78,8
08-67-OL	Nissan Terrano	Ligeiro Passageiros	Director Departamento	4.864	501	10,3
76-92-OM	Nissan Terrano	Ligeiro Passageiros	Fiscalização Técnica	15.688	1.449	9,2
77-27-OM	Nissan Terrano	Ligeiro Passageiros	Fiscalização Técnica	14.002	1.466	10,5
70-03-OQ	Renault Clio	Ligeiro Passageiros	Arquitectos	7.532	415	5,5
24-06-RJ	Renault Kangoo	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	7.331	524	7,1
10-29-XR	Renault Kangoo	Ligeiro Mercadorias	Informática	4.480	286	6,4
24-17-TL	Fiat Stilo	Ligeiro Passageiros	Director Departamento	3.682	123	3,3
24-23-TL	Fiat Stilo	Ligeiro Passageiros	GNR	23.600	54	0,2
43-01-IO	Citroën	Ligeiro Mercadorias	Parrimónio	3.705	216	5,8
47-18-UU	Mazda	Ligeiro Mercadorias	Protecção Civil	3.375	233	6,9
47-22-UU	Mazda	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	15.502	1.024	6,6






89-88-XA	Nissan	Ligeiro Passageiros	Protecção Civil	10.715	950	8,9
95-BM-66	Renault Kangoo	Ligeiro Mercadorias	Centro Saude Mafra	9.880	629	6,4
48-DV-55	Mitsubishi	Ligeiro Passageiros	Protecção Civil	6.093	425	7,0
69-GZ-54	Mazda	Ligeiro Passageiros	Ambiente - Parques e Jardins	4.456	546	12,3
XP-29-21	UMM	Ligeiro Misto	Protecção Civil	4.363	412	9,4
65-42-BB	Nissan Patrol	Ligeiro Misto	Gestão e Manutenção de Viaturas	8.336	983	11,8
61-42-BM	UMM	Ligeiro Misto	Topografos	6.091	568	9,3
71-10-CC	UMM	Ligeiro Misto	Gestão e Manutenção de Viaturas	5.007	749	15,0
04-74-EN	Ford Transit	Ligeiro Misto	Gestão e Manutenção de Viaturas	8.776	1.079	12,3
04-76-EN	Ford Transit	Ligeiro Misto	Gestão e Manutenção de Viaturas	7.304	538	7,4
95-55-FA	Ford Transit	Ligeiro Mercadorias	Ambiente - Parques e Jardins	5.066	804	15,9
07-10-FC	Ford Transit	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	12.286	1.623	13,2
87-90-ID	Ford Transit	Ligeiro Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	8.142	668	8,2
68-56-IJ	Ford Transit	Ligeiro Especial	Administração Directa	3.769	847	22,5
30-49-IM	Ford Galaxy	Ligeiro Passageiros	Presidencia	8.900	681	7,7
06-00-OF	Ford Transit	Ligeiro Mercadorias	Administração Directa	8.560	1.106	12,9
06-75-OF	Ford Transit	Ligeiro Passageiros	J.F. Cheleiros	16.000	1.358	8,5
86-72-OL	Ford Transit	Ligeiro Passageiros	J.F. Sobral Abelheira	18.007	1.771	9,8
17-17-RN	Ford Transit	Ligeiro Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	11.674	1.139	9,8
44-04-XD	Ford Transit	Ligeiro Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	36.955	1.228	3,3
25-48-XF	Ford Transit	Ligeiro Mercadorias	Parque Desportivo	23.923	2.805	11,7
48-41-DD	Magirus	Pesado Especial	Protecção Civil	629	529	84,1
37-82-EF	Volvo FL6	Pesado Mercadorias	Gestão e Manutenção de Viaturas	14.153	6.177	43,6
95-52-EV	Renault Master	Pesado Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	861	126	14,6
11-54-FA	Renault Master	Pesado Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	3.235	554	17,1
22-09-FS	Volvo FL7	Pesado Especial	Recolha de RSU	16.386	6.400	39,1
97-52-HD	Isuzu NKR	Pesado Mercadorias	Gestão e Manutenção de Viaturas	11.119	1.730	15,6
85-79-PM	Volvo FM7	Pesado Mercadorias	Gestão e Manutenção de Viaturas	9.080	3.770	41,5
08-19-OB	Volvo FM12	Pesado Mercadorias	Gestão e Manutenção de Viaturas	8.851	4.034	45,6
95-64-QI	Volvo B7R	Pesado Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	25.795	8.237	31,9
11-39-TG	Setra	Pesado Passageiros	Gestão e Manutenção de Viaturas	15.312	5.885	38,4
93-69-UJ	Deltrain	Pesado Mercadorias	Parque Desportivo - Comboio	23.181	4.121	17,8
21-70-XM	Iveco	Pesado Passageiros	Apercim	30.700	4.630	15,1
93-71-XQ	Iveco	Pesado Passageiros	Apercim	30.620	4.764	15,6
10-50-ZN	Volvo FM12	Pesado Mercadorias	Recolha Selectiva	44.082	21.001	47,6
23-BA-31	Mercedes	Pesado Mercadorias	Recolha Selectiva	30.280	20.032	66,2
23-BA-32	Mercedes	Pesado Mercadorias	Recolha Selectiva	40.082	26.590	66,3
84-AE-01	Fiat Punto	Ligeiro Passageiros	Departamento Sociocultural	13.185	720	5,5
46-AH-87	Fiat Panda	Ligeiro Passageiros	Ambiente - Parques e Jardins	6.232	580	9,3
33-BO-70	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Ambiente	30.272	1.430	4,7
33-BO-75	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Departamento Sociocultural	10.246	585	5,7
34-BO-04	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Departamento Sociocultural	9.248	388	4,2
27-BV-16	Fiat Punto	Ligeiro Passageiros	GNR	31.013	1.752	5,6
27-BV-17	Fiat Punto	Ligeiro Passageiros	GNR	41.246	2.046	5,0
27-BV-35	Fiat Doblo	Ligeiro Mercadorias	Centro Saude Mafra	14.500	695	4,8
42-BV-20	Opel Corsa	Ligeiro Mercadorias	Departamento de Administração Geral	5.700	424	7,4
38-DH-93	Fiat Punto	Ligeiro Mercadorias	Ambiente	33.163	1.676	5,1
38-DH-96	Fiat Punto	Ligeiro Mercadorias	Departamento Sociocultural	25.265	1.382	5,5
67-EC-43	Opel Astra	Ligeiro Passageiros	Departamento Sociocultural - CPCJ	18.321	1.194	6,5
87-GO-43	Mercedes	Ligeiro Passageiros	Presidencia	20.250	1.892	9,3
06-28-ZU	Renault Clio	Ligeiro Passageiros	Departamento Sociocultural	2.400	87	3,6
34-43-ZV	Fiat Punto	Ligeiro Mercadorias	Departamento Sociocultural	1.250	41	3,3
<b>N.º de Viaturas</b>		<b>85</b>	<b>TOTAIS</b>	<b>1.167.817</b>	<b>194.796</b>	<b>15,4</b>

## ANEXO II

Tabela ANEXO II. 1 - Síntese das principais iniciativas sobre valorização de OAU em Portugal

	Início	Objectivos	Concelho(s)	Medidas tomadas	Locais de Recolha	Imagens ilustrativas
CM Sintra	2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar medidas para a redução da emissão de gases com efeito estufa, através, da diminuição da utilização de combustíveis fósseis;</li> <li>- Valorizar energeticamente os OAU através da produção de Biodiesel;</li> <li>- Abastecimento da frota de recolha de resíduos sólidos urbanos do concelho;</li> <li>- Contribuir para a redução das emissões atmosféricas originadas pelas viaturas dos serviços municipais do concelho.</li> </ul>	Sintra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campanhas de sensibilização às escolas através da colocação de oleões para recolher o óleo produzido nas cantinas mas também para recolher o OAU trazido pelos próprios alunos das suas casas;</li> <li>- Colocação de 23 oleões junto dos ecopontos destinado ao sector doméstico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escolas;</li> <li>- Lares de idosos;</li> <li>- Creches;</li> <li>- Pastelarias com fabrico próprio;</li> <li>- Restaurantes.</li> </ul>	
CMO e OEINERGE	2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversão de OAU em Biodiesel;</li> <li>- Promover a utilização de Biodiesel na frota municipal de Oeiras;</li> <li>- Dotar todos os produtores de OAU de meios adequados para a sua deposição;</li> <li>- Identificar factores, desenhar e avaliar as estratégias de intervenção para Oeiras, contemplando a definição de um sistema de deposição aplicado aos diversos sectores.</li> </ul>	Oeiras	Colocação na via pública de contentores de deposição inovadores direccionados para o sector doméstico, que integram um sistema de detecção do nível de enchimento e um sistema de localização por GPS para optimização da recolha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restaurantes e similares;</li> <li>- Cantinas escolares;</li> <li>- Cantinas da CMO;</li> <li>- Sector doméstico.</li> </ul>	
AREAC	2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar estudos de viabilidade para a instalação de sistemas de recolha de OAU, caracterizando os circuitos de eliminação ao nível dos grandes produtores, através da apresentação de diferentes modelos de intervenção;</li> </ul>	Montemor – o -Velho, Figueira da Foz, Figueiró dos Vinhos, Miranda do	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquisição de “Oleões de rua” colocados na via pública ou em recintos circunscritos de acesso público.</li> <li>- Campanhas de sensibilização para os grandes produtores de óleos e munícipes em geral,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantinas;</li> <li>- Escolas;</li> <li>- Restaurantes;</li> <li>- Sector</li> </ul>	

		- Conversão dos resíduos em Biodiesel.	Corvo, Lousã	com o objectivo de recolha deste resíduo.	Doméstico.	
BRAVAL	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolher OAU para posterior valorização em biocombustível;</li> <li>- Evitar os problemas nos sistemas de tratamento dos efluentes domésticos;</li> <li>- Criar um combustível menos poluente, que provoca menos desgaste nos motores das viaturas.</li> </ul>	Braga, Amares, Póvoa de Lanhoso, Vila Verde, Terras do Bouro e Vieira do Minho.	<p>Campanhas de sensibilização para os denominados grandes produtores (cantinas e hospitais) e para a generalidade dos produtores através da colocação de oleões junto dos ecopontos tradicionais;</p> <p>- Recolha dos OAU porta-a-porta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantinas;</li> <li>- Hospitais;</li> <li>- Sector Doméstico.</li> </ul>	
AMALGA	2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de Biodiesel através OAU para ser utilizado pela frota municipal da AMALGA e parceiros envolvidos, nomeadamente, AMCAL, AMBAAL, AMDE, ARECBA e Empresa de desenvolvimento de infra-estruturas do Alqueva;</li> <li>- Criar destinos de valorização apropriada para o óleo gerado nesta vasta área a nível nacional;</li> <li>- Criar condições de implementação de culturas energéticas na região.</li> </ul>	Município de Alto e Baixo Alentejo e Alentejo Litoral.	Instalação de Oleões na via pública.	<p>Escolas;</p> <p>Restaurantes;</p> <p>Sector doméstico privilegiando a escola como canal de comunicação.</p>	

LIPOR	2006	- Recolha, transporte e reciclagem de OAU.	Porto, Espinho, Gondomar, Maia e Valongo	- Bidons colocados estrategicamente junto aos restaurantes e potenciais produtores;	Porta – a – porta através da empresa Filtaporto.	
JFE	2004	- Valorização de OAU pela Junta de Freguesia da Ericeira (JFE) para produção de Biodiesel, destinada em primeira instância ao auto consumo e paralelamente à disponibilização a título gratuito a IPSS, Bombeiros, etc.	Mafra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalação de 8 oleões de rua junto a ecopontos existentes e de 23 vasilhames em estabelecimentos de restauração;</li> <li>- Sensibilizar a população para a necessidade de conferir aos OAU um destino final adequado e por outro para a utilização do Biodiesel, para tal a JFE lançou uma campanha onde disponibilizava gratuitamente 5L a quem quisesse utilizar o biocombustível</li> </ul>	Restaurantes.	